

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÝCH
VLASTNOSTÍ PRVNÍ ODĚVNÍ VRSTVY PRO
SPORTOVNÍ ÚČELY**

**EVALUATION OF TERMOPHYSIOLOGIC
CHARAKTERISTICS OF THE FIRST LAYER
OF CLOTHES IN SPORTSWEAR**

Liberec 2013

Bc. Barbora Kostkubová

P r o h l á š e n í

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Heinisch za trpělivost, ochotu a pomoc při zpracování diplomové práce. Panu prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc. za poskytnuté rady.

V neposlední řadě bych ráda touto cestou poděkovala mojí rodině a mým přátelům za podporu.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hodnocením termofyziologických vlastností první oděvní vrstvy vhodné pro sportovní účely. Teoretická část je zaměřena na historii, trendy a materiály určené pro funkční prádlo. Dále se věnuje oděvnímu komfortu a fyzikálním jevům, které souvisí s danou problematikou. V experimentální části jsou porovnány metody a normy, které se používají pro testování termofyziologických vlastností, především pro určení doby či rychlosti sušení textilií. Cílem práce je navrhnout nový způsob testování rychlosti schnutí textilií a ověřit jej.

KLÍČOVÁ SLOVA:

funkční prádlo, speciální vlákna, termofyziologické vlastnosti, Permetest, metody sušení

ANNOTATION

Diplom thesis deals with assessment of thermophysiological properties of the first layer of clothing for sport purposes. The theoretical part focuses on the history, trends and materials for functional underwear. It also discusses the clothing comfort and physical phenomena related to the issue. In the experimental section compares the methods and standards that are used for testing of thermophysiological properties, primarily to determine the time or speed drying fabric. The aim is to propose a new way of testing the speed of drying fabrics and test it.

KEY WORDS:

functional underwear, special fibers, thermophysiological properties, Permetest, drying methods

Seznam použitých zkratk a symbolů

a	měrná teplotní vodivost [m^2s^{-1}]	PL	polyester
atd.	a tak dále	PP	polypropylen
b	je tepelná jímavost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{1.2}\text{K}^{-1}$]	PA	polyamid
CO	bavlna	q	tepelný tok [W/m^2]
cca	přibližně	r	plošný odpor vedení tepla [$\text{W}^{-1}\text{K}\cdot\text{m}^2$]
cm	centimetr	resp.	respektivě
CO ²	oxid uhličitý	R_{ct}	tepelný odpor [$\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}$]
CV	variační koeficient [%]	R_{et}	výparný odpor [$\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{W}$]
ČSN	česká technická norma	t	teplota [$^{\circ}\text{C}$]
g	gram	tab.	tabulka
h	tloušťka materiálu [mm]	tj.	to jest
IS	interval spolehlivosti	TUL	Technická univerzita v Liberci
ISO	mezinárodní organizace pro standardizaci	tzv.	tak zvaný
K	Kelvin	τ	čas [h]
m	metr	v	rychlost [m/s]
mm	milimetr	WO	vlna
např.	například	$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
μ	micro	%	procenta
obr.	Obrázek	λ	měrná tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$]
p	relativní propustnost pro vodní páry [%]		
P	tlak [Pa]		
Pa	Pascal		

Obsah

Úvod	9
1. Historie	10
1.1 Termoprádlo	11
2. Přírodní, chemická a syntetická vlákna	14
2.1 Přírodní vlákna	14
2.1.1 Bavlna (CO)	14
2.1.2 Vlna (WO)	15
2.2 Chemická vlákna z přírodních polymerů	16
2.2.1 Viskózosá vlákna (VI)	16
2.3 Syntetická vlákna	16
2.3.1 Polyester (PL)	16
2.3.2 Polyamid (PA)	18
2.3.3 Polyamidová a polyesterová mikrovlákná	19
2.3.4 Polyakrylonitril (PAN)	20
2.3.5 Polypropylen – (PP)	21
2.3.6 Chloridová vlákna (CL)	22
3. Používané materiály	23
3.1 Jednosložkové pleteniny	23
3.2 Dvousložková pleteniny	24
3.3 Dvousložková pletenina – negativa	24
4. Speciální vlákna a úpravy vláken	25
4.1 Prolen®	25
4.2 Thermolite	25
4.3 Moira Imarion	26
4.4 Moira TG 900®	26
4.5 Coolmax	28
4.6 CoolPlus	29
4.7 Ice Cool	30
4.8 Lycra	31
4.9 Modal	31
4.10 Supplex	31

4.11 Thermo cool	32
4.12 Micra	33
4.13 Breath Thermo	34
4.14 Cleancool.....	34
5. Termofyziologické vlastnosti.....	36
5.1 Přenos tepla	39
5.1.1 Kondukce - přenos tepla vedením	39
5.1.2 Konvekce – přenos tepla prouděním	41
5.1.3 Radiace - přenos tepla zářením.....	42
5.2 Přenos vlhkosti	42
5.2.1 Difuze vodních par ve vzduchu	43
5.2.2 Přenos vlhkosti konvekci	44
5.2.3 Sorpční vlastnosti	45
6. Teorie sušení	50
7. Normy a metodiky zabývající se dobou sušení	54
7.1 Norma AATCC testovací metoda 199-2011 Drying Time of textile: Analyzátor vlhkosti	54
7.1.1 Terminologie	54
7.1.2 Přístroje a materiály	55
7.1.3 Použití a omezení	55
7.1.4 Příprava	56
7.1.5 Postup	57
7.2 JIS L 1096: 1999 – Drying speed	57
7.2.1 Metoda A.....	57
7.2.2 Metoda B.....	58
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	59
8. Měřené vzorky	59
8.1 Měřicí přístroje a zařízení pro experiment.....	62
8.1.1 Alambeta	62
8.1.2 Permetest.....	64
8.1.3 Vliv rychlosti odstředování při praní na schnutí textilních materiálů	70
8.1.4 Experiment s váhami AS RADWAG podle normy JIS L 1096: 1999 – Drying speed.....	75
8.2 Porovnání metod.....	77
9. Zahraniční studie a články	79

Závěr.....	90
Zdroje	93
Seznam obrázků	97
Seznam příloh.....	98

Úvod

Dnešní doba nám nabízí nepřehledné množství sportovních aktivit a s tím je úzce spojen výběr vhodného sportovního oblečení a pocit komfortu. Do popředí se tak dostává funkční prádlo, které se zdá pojmem novým a poslední dobou velice oblíbeným u všech výrobců prádla na světě.

Historie termoprádla však sahá až do roku 1853, kdy se poprvé v norské továrně podnikatele Devolda začalo vyrábět z vlny. Od té doby se zájem o sport a oblečení vhodné k jeho provozování zvýšil a rozvíjel dál.

Velký důraz při výrobě sportovního prádla je v dnešní době kladen na termofyziologické vlastnosti. Opomíjeným parametrem, co se týká výzkumu a zkoušení, je rychlost schnutí. Většina dostupných metodik a norem je schopna zajistit rychlý odvod vlhkosti od těla a alespoň částečný tepelný komfort. U rychlosti schnutí ale nejsou jasně definovány podmínky a rychlost proudění. Přitom je tento parametr u testování velice podstatný a významně ovlivňuje dobu sušení.

Proto je cílem práce navrhnout nový způsob testování rychlosti schnutí textilií s jasně definovanými podmínkami a rychlostí proudění. Práce by měla posloužit k určení vhodné metody na testování rychlosti schnutí, která by byla realizovatelná pro výrobce funkčních textilií a oděvů i v běžné praxi.

Teoretická část se proto zaměří na pojmy vztahující se k tématu. Tedy co je to první oděvní vrstva a komfort, jeho rozdělení a podrobný popis termofyziologického komfortu, druhy vláken a materiálů používaných pro výrobu termoprádla apod. Nedílnou součástí jsou samozřejmě přenosové jevy a sorpční vlastnosti.

V praktické části budou popsány typy měřených vzorků a stručný popis přístrojů pro měření. Měření z přístrojů Permetest, Alambeta, váhy a pračky jsou zobrazeny v tabulkách a grafech. A samozřejmě bude navržena a vyzkoušena nová metoda pro testování rychlosti schnutí. Na konci praktické části bude provedeno vyhodnocení a porovnání jednotlivých metod.

1. Historie

Funkční prádlo se může jevit jako novodobá záležitost, která se stala trendem ta přibližně dvacet pět let zpátky. Historie termoprádla však sahá až do roku 1853, kdy se poprvé v norské továrně podnikatele Devolda začalo vyrábět z vlny. Od té doby se zájem o sport a oblečení vhodné k jeho provozování zvýšil a rozvíjel dál. Ve 20. – 30. letech 20. Století se nosí pouze bavlněné a vlněné prádlo, které je příjemné na omak a hřeje, ale po navlhnutí studí. To bylo dalším důvodem pro vývoj syntetických vláken, která nenavlhají a drží svůj tvar. V roce 1940 byly vyvinuty akryl a spandex. V roce 1950 byly vynalezeny hydrofobní látky jako je polypropylen a polyester. V 60. letech začal velký nárůst výrobků z umělých vláken. Ačkoliv se později ukázalo, že přírodní vlákna nejsou nahraditelná tak lehce, nadále pokračuje vzestup použití umělých vláken. Několik značek syntetického prádla byly vyvinuty v roce 1990 a 2000 pro konkrétní venkovní aktivity. K některým z nich patří Capilene, Bergalene a Teckwick.

Proč se zájem o termoprádlo tak razantně zvýšil?

Hlavním průlomem je modernizace v odvětví technologii. Výrobci upouštějí od výroby materiálu z přírodních vláken a do popředí nastupují vlákna syntetická. Základní faktor, jež se měl změnit, byl vlhkost. Tento problém velmi trápil přírodní vlákna. Vlhkost se hromadila v materiálu, který při snížení aktivity začal studit a funkčnost klesla. V případě původních syntetických vláken byl problém opačný, protože minimálně přijímají přebytečný pot a částečnou vlhkost. Ta zůstává na pokožce pod „nefunkční“ syntetikou, což opět znepříjemňuje pohyb. Firmy se proto zaměřují na řešení těchto problémů. Snaží se vytvořit materiál ze směsi vybraných vlastností nově vytvořených vláken, která pot dokáže odvést od pokožky a zároveň urychlí jeho odpařování a přitom musí zůstat nasákavé. Právě tento dlouhodobý a intenzivní vývoj po překonání mnoha překážek nakonec uspěl a umožnil dal vznik materiálům, jejichž změněná struktura dokáže převést vlhkost na vnější povrch pleteniny. Proto začátkem tohoto století začíná vznikat obrovská škála jemných úpletu a vícevrstvých pletenin příjemných na omak. Oproti předcházejícím letům, už není materiál hrubý zraňující s agresivním povrchem, tudíž je vhodný pro alergiky.[1]

1.1 Termoprádlo

První vrstva (transportní, spodní, termoprádlo, sací, komfortní)

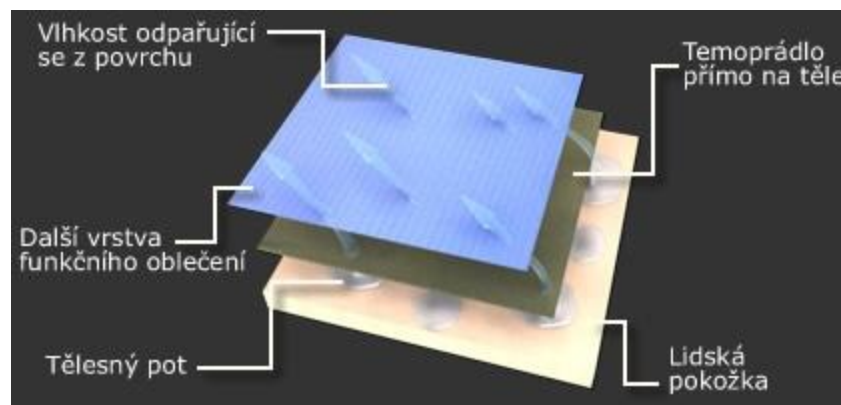
Tato vrstva je základem celého systému vrstveného oblékání tzv. pilíř cibulového efektu. Prádlo plní funkci druhé kůže proto má za úkol především odvádět přebytečnou tělesnou vlhkost dále od pokožky - kapilární jev- do další vrstvy oblečení nebo odpařovat vlhkost přímo do vzduchu. Oděv resp. vlákna oděvu musí mít nejlépe nulovou sorpci, a proto je vhodné používat hydrofobní vlákna. Dalším důležitým faktorem, aby bylo umožněno prostupu tepla a vlhkosti následujícími vrstvami oděvu až k odpaření do venkovního prostředí je prodyšnost materiálu, kterou určuje především vazba. Tím je umožněna ideální termoregulace, cítíme se příjemně a jsme schopni dosahovat nejvyšších výkonů za všech klimatických podmínek. [2]

Prádlo by mělo být příjemné k naší pokožce, nevyvolávající alergii a u teplejších provedení má i výrazně zlepšovat tepelnou izolaci pokožky tzv. mikroklima. Vyrábí se různé druhy pro sporty, rekreaci, práci a běžné nošení. Odlišují se od sebe svými vlastnostmi, podle použití v dané oblasti. Při výběru správné velikosti funkčního spodního prádla myslete na to, že Vás musí dokonale obepínat ve všech směrech, a doléhat po celé své ploše na tělo. Zároveň však nesmí škrtit při jakémkoliv pohybu. A pokud možno nenáchylná k absorbování pachů. [2]

Princip oblékání v chladném počasí

Oblékání do chladného počasí je založeno na principu více vrstev (zpravidla tří), přičemž každá má svůj úkol. [3]

- Základní vrstva – sací- odvádí vlhkost a stabilizuje tělesnou teplotu (termoregulace).
- Střední vrstva – izolační -tepelně izoluje a odvádí vlhkost.
- Svrchní vrstva – ochranná- proti vlivům počasí. [3]



Obrázek 1: Ukázka funkčnosti termoprádla - odpařování vlhkosti z povrchu[3]

Princip funkčního prádla:

- Odvádí pot od pokožky.
- Udrží tělo v teple a suchu.
- Zabraňuje nepříjemnému zápachu. [3]

Výhody a nevýhody termoprádla

Výhodnou vlastností je nasákavost, která umožňuje transformovat a předávat vlhkost a vodu. Rychlé schnutí, které souvisí s předcházející předností. (při zvlhnutí či namočení se nezvyšuje výrazně hmotnost materiálu). Dále spojení několika druhů úpletu pro vyšší využití a také proto, že se funkční prádlo při změně tělesné aktivity nestane studeným.[2]

Mezi nevýhody patří náchylnost pletenin k mechanickému poškození, ztrhnutí, vytažení. Často je používána antibakteriální úprava s čímž bohužel souvisí zápach po dlouhodobém používání a snížená trvanlivost na úkor jiných vlastností (ne vždy). [2]

Jak se udržuje termoprádlo?

Pozorně si přečtěte etiketu se symboly údržby natištěnou nebo našitou na prádle. Termoprádlo perte v pračce ve vodě o maximální teplotě 40°C. Použít můžete běžný prací prostředek, ale i speciální. Nepoužívejte aviváž, může způsobit snížení kapilárního výkonu vlákna. Termoprádlo perte naruby. Zipy, zkracovače nebo plastické nášivky mohou způsobit u jemnějších pletenin ztržení. Termoprádlo můžete ždímat v pračce. [3]

Odborníci doporučují vůbec prádlo nežehlit, protože se minimálně mačká. Většina vláken se taví už při nižších teplotách, než je minimální teplota žehličky (110° C). [3]

V přírodě stačí termoprádlo ručně vyprat i ve studené vodě, vyždímat a nechat uschnout. Protože vlákno nemá téměř žádnou nasákavost, rychle schne.[4]

2. Přírodní, chemická a syntetická vlákna

Vlákna můžeme rozdělit na přírodní a syntetická. Pro výrobu funkčního prádla se používají jen vlákna se specifickými vlastnostmi, která patří do všech tří skupin.

2.1 Přírodní vlákna

Do vláken používaných pro sportovní účely patří vlákna přírodní. Tyto vlákna se dělí na vlákna rostlinná a živočišná. Mezi vlákna rostlinná patří bavlna a do vláken živočišných se řadí vlna.

2.1.1 Bavlna (CO)

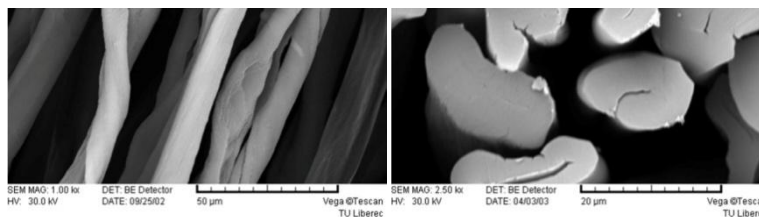
Je vlákno patřící do skupiny přírodních celulóзовých vláken. Získává se z bavlníku, liší se barvou, délkou, drsností a jemností, podle druhu bavlníku. Kvalita vláken je ovlivňována zralostí. Zralost vláken určuje mechanické vlastnosti, barvitelnost a lesk[1].

Chemické složení bavlny je 90% z celulózy (největší obsah mezi rostlinnými vlákny) a zbytek tvoří voda, tuky, bílkoviny a vosky. [1]

Vlastnosti: Barva vlákna je ve škále od světle bílé až po nahnědlou. Při částečném zavlhčení suchých se uvolňuje tzv. sorpční teplo a materiál částečně hřeje. Prostup vodních par je minimální, a to je příčinou pomalého schnutí. Naopak mezi klady patří, že bavlna za vysokých teplot chladí, a příjemná na omak. Díky rostlinnému původu ale snadno podléhá plísním. Další předností je dobrá sorpce vlhkosti, která určuje i kvalitní obarvení a malý sklon k elektrostatickému náboji. [1]

Složení: Nejčastěji se směšuje se syntetickými vlákny jako je PL nebo PA, aby se dosáhlo co nejžádanějších vlastností na obou stranách. [1]

Termoprádlo z bavlny je příjemné na omak a hřeje, ale při navlhnutí studí. Proto se směšuje se syntetickými vlákny. [1]



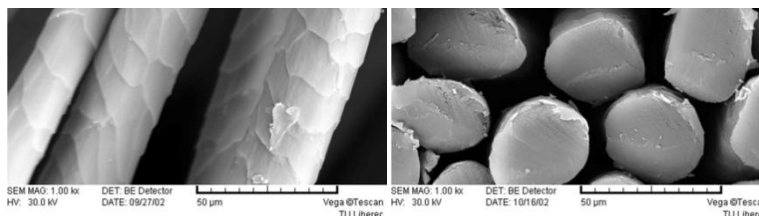
Obrázek 1: Bavlna příčný a podélný řez[5]

2.1.2 Vlna (WO)

Je vlákno patřící do skupiny vláken živočišných z keratinu. Vyrůstá z kůže ovce, a dělí se podle jakosti vlny a její jemnosti. Z hlediska chemického složení, obsahuje vlněné vlákno tzn. bílkovinu, pigment a chemicky vázanou vodu. [1]

Vlastnosti: Barevný odstín ovčí vlny je od bílé (nejžádanější), až po hnědou či černou barvu. Kladné vlastnosti jsou vysoká tažnost, která se zvyšuje za mokra, vynikající pružnost, tvárnost, tepelné izolační vlastnosti a dobrá barvitelnost. Může pojmout až 30-40% vlhkosti a stále není na omak mokré. Mezi negativní vlastnosti se zařazují plstivost, snížená pevnost, nízká odolnost proti plísním a molům. Pro uchování přirozené pružnosti vláken, je doporučeno oděv nosit pouze 24 hodin. Vlněné prádlo může změnit tvar při dlouhodobém nošení. Po vyprání, se vrátí ke svému původnímu tvaru. Vhodné je použití této kombinace do dvouvrstvých úpletů. Jako hydrofilní vnější vrstva se používá např. jemná vlna merino. [1]

Složení: směsuje se s PL, VI, PA a akrylem. [1]



Obrázek 2: Vlna příčný a podélný řez[6]

2.2 Chemická vlákna z přírodních polymerů

Mezi chemická vlákna z přírodních polymerů patří především vlákna viskózová.

2.2.1 Viskózová vlákna (VI)

Prádlo vyrobené z viskózových vláken má vysokou navlhavost (6%), ale nižší tepelně izolační vlastnosti, proto je vhodné jako letní prádlo. Modifikací- novou ekologickou technologií- se vyrábějí lyocellová vlákna (firma Lenzing AG). Prádlo s příměsí lyocellových vláken se vyznačuje výbornými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi a je velmi příjemné na omak a nošení. Prádlo, vyrobené z modalových vláken slučuje vlastnosti bavlny a viskózy. Má měkčí omak, ve srovnání s viskózou, má vyšší pevnost za sucha a za mokra, menší mačkavost a sráživost.[7]

2.3 Syntetická vlákna

Do syntetických vláken se řadí vlákno polyesterové.

2.3.1 Polyester (PL)

Polyesterové vlákno je jedním z nejčastěji používaných vláken vůbec. Vlákno ze syntetického polyesteru bylo vynalezeno roku 1941 v Anglii, ale průmyslově vyrábět se začalo až roku 1947. Základní surovinou pro výrobu je ropa. Značí se PL, je to polymer vzniklý chemickou reakcí (polykondenzací). Klasický polyester vzniká esterifikací kyseliny tereftalové a etylén glykolu, který se zvlákní z taveniny do šachty, následně dlouží, popřípadě sdružuje do kabelu, který se dále řeže na stříž, nebo trhá na trhanec. Vznikají tak různě jemná, profilovaná, popřípadě bikomponentní vlákna. Polyester je ve srovnání s Polyamidem relativně tuhé vlákno. Zvyšuje tuhost výrobku, a snižuje jeho mačkavost. Má velmi nízkou sorpci, proto po fyziologické stránce je nevhodný. [8]

Užitné vlastnosti: tvarová stabilita, snadná údržba, směsí[8]

Negativa: na povrchu vláken se časem objevují oligomery vystupující krystaly dimerů a trimerů (krátké řetězce polyetyléntereftalátu) způsobující drsnost vlákna a jeho zhoršenou zpracovatelnost. Dalšími negativy jsou fibrilace (roztřepení konců vláken při nošení), která později přechází v ojínění a v poslední fázi ve žmolkovitost - jako nejhorší vlastnost PL vláken. Tím, že je vlákno prakticky bez sorpce, snadno podléhá vzniku elektrostatického náboje, přitahuje prach a stoupá jeho špinivost. [8]

Vyráběný sortiment: monofil, multifil hladký a tvarovaný, kabel, trhanec, stříž. [8]

Použití - ve staplových vláknech především jako směsová komponenta s bavlnou, vlnou, lnem. Jako monofil a multifil a to jak hladký tak tvarovaný do pletených výrobků. Rouno ze stříže do tepelně izolačních vrstev oděvních výrobků. [8]

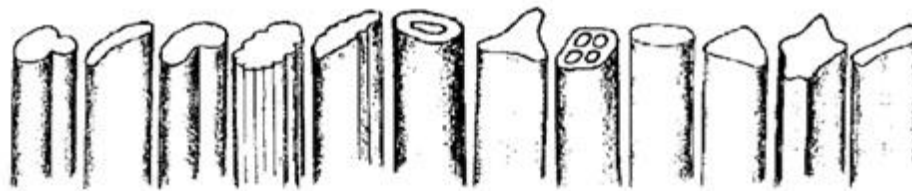
Údržba: praní, čištění, žehlení na 150°C, teplota měknutí/teplota tání: 230/260°C[8]

Obchodní názvy: TESIL (ČR), SLOTERA (SR), DACRON (USA), DIOLAN (Holandsko), TERITAL (Itálie), TERYLENE (Anglie), TETORON (Japonsko), TREVIRA (SRN). [8]

Polyamidová a polyesterová vlákna patří mezi nejvíce rozšířená vlákna a z toho důvodů byly vyvinuty speciální zvlákňovací trysky, ze kterých vznikají vlákna různých profilů. Profilování vláken má ten cíl, aby vlákno svým tvarem a povrchem napodobovalo vlákno přírodní. Zvětšením povrchu se dosáhne vyšší adsorpce a znesnadňuje se vytahování vlákna z příze, čímž se sníží žmolkovitost. A vlákno, které má na povrchu rovnou plošku, odráží světlo a jeví se lesklé. Do některých přízí jsou tato vlákna přidávána právě za tímto efektem. [8]

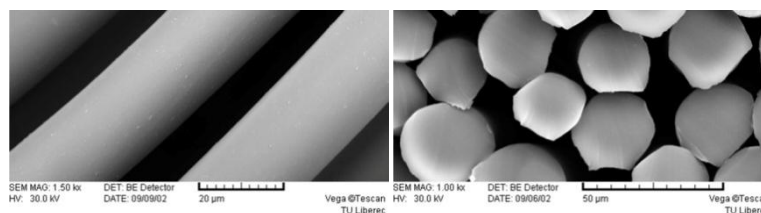
Dále to jsou to např. **vlákna dutá**, jejichž použití je v tepelně izolačních vrstvách (prošívané přikrývky, zimní oblečení, zimní sportovní kombinézy atd.). Tato vlákna velmi dobře drží tvar - souvislá dutina snižuje hmotnost vlákna, vzduch v ní působí nepatrně jako tepelný izolant, ale zejména dutina sama znesnadňuje ohýb vlákna. [8]

Tím tato vlákna, pakliže jsou tvarovaná, drží tvar vzniklé vrstvy (rouna), čímž je vytvořena tepelně izolační vrstva. Tato vlákna jsou zejména na polyesterové bázi, takže jejich údržba je velmi jednoduchá a nedochází ke změně jejich vlastností. [8]



Obrázek 3: Profily vlákna[8]

Termoprádlo vyrobené z PL vláken je odolné vůči vyšším teplotám, ale má poměrně silný kladný el. náboj, a to může způsobit kožní alergie. Zaujímá první místo v produkci mezi syntetickými vlákny. [8]



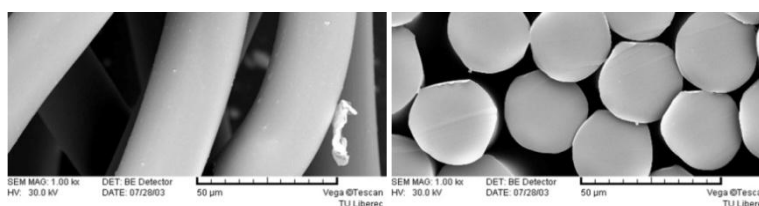
Obrázek 4: Polyesterové vlákno příčný a podelný řez[9]

2.3.2 Polyamid (PA)

Polyamidová vlákna se chemickou podstatou blíží vlně. Polyamid 6.6 známý jako Nylon byl vyroben roku 1935, průmyslově se začal vyrábět roku 1939, původní patent vlastní firma DuPont. Je to sloučenina kyseliny adipové a kyseliny hexamethylendiamnové. Polyamid 6 v ČR známý jako Silon byl vynalezen roku 1938 a průmyslově se začal vyrábět až v roce 1942. Vyrábí se polymerací kaprolaktamu s vodou a ohřevem na 220 – 240°C v inertní atmosféře. Polyamid neboli Nylon je syntetické vlákno, obecně značené PA.

Existuje mnoho typů, nejrozšířenějšími z nich jsou polyamid 6 a polyamid 6.6, navzájem se liší molekulovou strukturou i některými vlastnostmi. Nylon – polyamid 6.6 má vyšší tepelnou odolnost a větší trvanlivost. Jedná se o termoplastická vlákna, tzn., že výrobky z nich vyrobené je zapotřebí tepelně fixovat. [8]

Vyráběný sortiment: monofil, multifil, káblek, kabel, stříž nebo konjugované vlákno. [8]



Obrázek 5: Polyamidové vlákno příčný a podélný řez[10]

2.3.3 Polyamidová a polyesterová mikrovlákná

Jedná se o vlákna v jemnosti pod 1 dtex (průměr cca 10 µm) a jejich výrobní kapacity jsou zhruba 70/30 ve prospěch Polyamidových mikrovláken. Jedná se o nákladnou výrobu a ta probíhá zpravidla třemi níže popsány způsoby: [8]

Zvláknováním přímo ze speciálních trysek jako bikomponentní vlákno typu M/F různých profilů, jejichž výroba spočívá ve zvláknění směsového polymeru a následné rozpuštění matrice štěpením z mikrofolií s tloušťkou do 1 µm) [8]

Jsou známy dva typy mikrovláken, odlišující se jemností:

- 1 - 0,3 dtex – mikrovlákná,
- 0,3 dtex a méně – supermikrovlákná. [8]

Oba typy způsobují na broušené hedvábnické nebo bavlnářské tkanině sametový, broskvový až hedvábný omak. Struktura tkaniny vytváří částečně uzavřený broušený líc - tkanina propouští páru, nepropouští kapkovou (dešťovou) vodu. [8]

Vzhledem ke složité výrobě jsou tkaniny z těchto vláken v cenově vyšší poloze než komerční polyesterová vlákna. [8]

Užitné vlastnosti výrobků z mikrovláken: nepromokavost, tvarová stabilita. [8]

Údržba: praní, čištění, žehlení na 150°C. [8]

Použití: pláštěviny, sportovní oblečení[8]

Obchodní názvy: DIOLLEN MICRO, DIOLLEN 44 (SRN), TREVIRA FINESSE, TREVIRA MICRONESSE (Anglie), TORAY MICRO, TEJIN MICRO (Japonsko). [8]

2.3.4 Polyakrylonitril (PAN)

Akrylová vlákna mají vlastnosti velmi podobné s vlnou, proto se také často do směsí s vlnou používají. Mají nízkou sorpci kolem 1%, příjemný omak, ale nižší odolnost v oděru a vyšší žmolovitost. Často se používají do pletacích přízí, ale také do ponorkového zboží a jiných pletených výrobků.[8]



Obrázek 6: Polyakrylonitrilové vlákno[11]

2.3.5 Polypropylen – (PP)

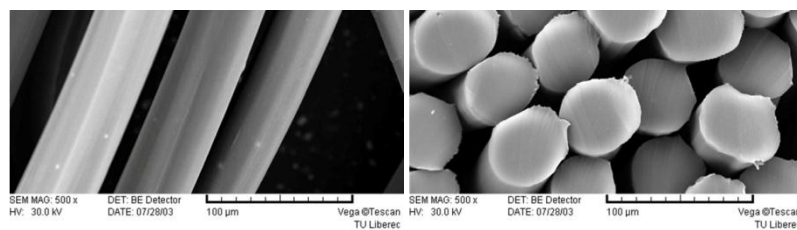
Počátky výroby tohoto vlákna se datují do roku 1956. Průmyslová výroba začala roku 1960. [8]

Složení: Vyrábí se polymerací propylenu s využitím Ziegler - Nattových katalyzátorů (TiCl_3 , $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$). Výroba vlákna je velmi snadná, hlavně v dostupnosti jeho základní suroviny. Vlákná se nejčastěji vyrábějí kruhového průřezu, ve tvaru stříže a používají se také do směsi s ostatními vlákny. Polypropylen, viz obr. č. 6, je chemické vlákno, které se zvláknňuje z polymeru tryskami do šachty, vlákna s většími příčnými rozměry do vodní lázně. [8]

Vlastnosti: Vlákná typu PP jsou komfortní pro lidskou pokožku, nevyvolávají alergické reakce a jsou odolná vůči plísním a bakteriím. Mají nejnižší nasákavost, velice nízkou tepelnou vodivost a nízkou hmotnost, je odolné v oděru a má velmi nízké procento přirozené vlhkosti. Udržují si záporný elektrický náboj, a to je pro lidský organismus příznivé. Jsou odolná vůči kyselinám, zásadám, redukčním i oxidačním činidlům, proto vlákno získává barvu obarvením základní suroviny, a to už při výrobě. Na tato vlákna se neváže ani nečistota proto je i údržba snadná. Nevýhodou je nízká stálost tvaru, velký sklon k mačkavosti, nízké zpětně zotavení následně nesnadná barvitelnost materiálu. Složení: Často ve směsi s jinými přírodními i syntetickými vlákny. [8]

Polypropylen se využívá jako hydrofobní kontaktní vrstva do dvouvrstvých pletenin v kombinaci s bavlnou. Z polypropylenu vyrábí firma Moira vysoce funkční vlákno TG 900 V roce 1974 firma Chemosvit Fibrochem přechází na jemnější variantu polyuretanového vlákna - Prolen® = Tvarované polypropylenové vlákno[8]

Použití: převážně pro technické účely do stavebních směsí (do betonů a malt), dále do podkladových tkanin na vsívané koberce pro jejich pružnost. Také jsou vhodné jako netkané textilie (umělé trávničky, geotextilie, běžecké dráhy). Je vhodný pro výrobu lan a provazů, kvůli své nízké hustotě. Dále je polypropylen vhodný pro výrobu sportovních oděvů. Pletenina pojme velké množství vzduchu. Ten působí jako izolační vrstva v okamžiku, kdy tělo je bez zátěže a ochlazuje se. [8]



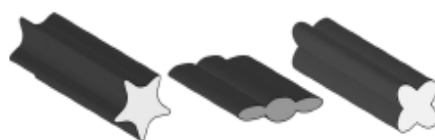
Obrázek 7: Polypropylenové vlákno příčný a podélný řez [12]

2.3.6 Chloridová vlákna (CL)

Chloridová vlákna mají nízkou navlhavost 0,1 – 0,4 %, vyznačují se nízkou teplotou měknutí a tání (70 – 75°C), jsou prakticky nehořlavá, odolná v oděru, chemicky odolná, pevná, stálá na světle. Prádlo, vyrobené z CL vláken, dobře tepelně izoluje. Při zpracování CL vláken se vytváří silný elektrostatický náboj. Této vlastnosti se využívá, proto se z něj vyrábí antirevmatické prádlo. Elektrostatický náboj vytváří mezi oděvem a pokožkou další vrstvu, která působí jako izolant a vytváří teplotně stálé prostředí.

3. Používané materiály

Míra porosity a odpaření potu u pletenin, je dána hustotou řádků a sloupků. Pleteniny pro funkční sportovní prádlo se dělí na jednovrstvé pleteniny (jednosložkové) a integrované pleteniny (dvousložkové). [13]



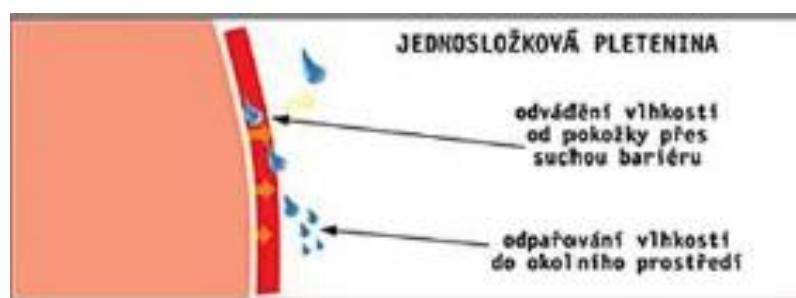
Obrázek 8: Profily vláken[13]

3.1 Jednosložkové pleteniny

Jsou tvořeny pouze jednou vrstvou pleteniny nejčastěji, je použito PP vlákno – PP vlákno je silně hydrofobní (nepřijímá prakticky žádnou vlhkost do své struktury) a má nízkou objemovou hmotnost (910 kg/m^3)[13]

Použitá vlákna jsou často profilovaná – zvětšený měrný povrch vláken, vznik kapilár[13]

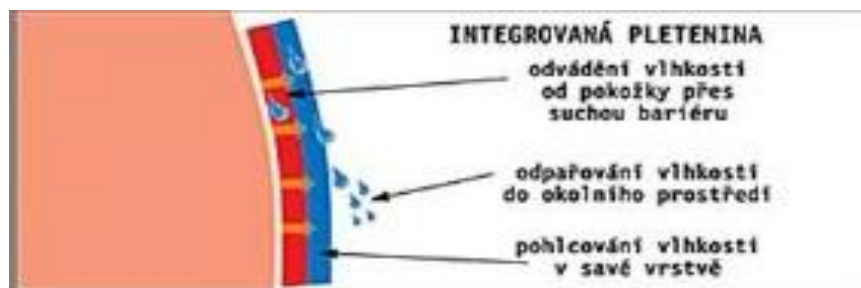
Vazba pleteniny je většinou „otevřená“ s využitím chytových a podložených kliček, má malou hustotu řádků a sloupků z čehož vyplívá snadné odpařování vlhkosti ze struktury textilie. [13]



Obrázek 9: Ukázka funkce jednosložkové pleteniny[13]

3.2 Dvousložková pleteniny

Jsou tvořeny ze dvou vrstev pleteniny. Obě vrstvy jsou propojeny pletařskou vazbou. Na straně přiléhající k tělu je vrstva tvořená syntetickými hydrofobními vlákny, které nenasávají vlhkost do svojí struktury (tzv. difúzní vrstva). Vrstva tvořená hydrofobními vlákny vlhkost neabsorbují a vytváří izolační vrstvu mezi pokožkou a zvlhčenou vrstvou tvořenou hydrofilními vlákny. Na straně vnější je vrstva tvořená přírodním nebo chemickým hydrofilním vláknem (CO, VI), která vlhkost naopak absorbují snadno. Do vnější vrstvy se vlhkost dostane pomocí tzv. savých knotů z hydrofilního materiálu provazujícího z vnitřní strany integrované pleteniny na vnější. Střihové řešení a konfekční velikost musí zajistit kontakt savých knotů s kapalným potem. [13]



Obrázek 10: Ukázka funkce integrované pleteniny[13]

3.3 Dvousložková pletenina – negativa

Absorbce vlhkosti v hydrofilní vrstvě dochází ke snižování prodyšnosti pleteniny. Vrstvením plošných textilií vždy narůstají tepelně-izolační schopnosti oděvu, což v prvních fázích zvýšené zátěže může paradoxně urychlit přehřívání organismu a tvorbu kapalného potu. [13]

4. Speciální vlákna a úpravy vláken

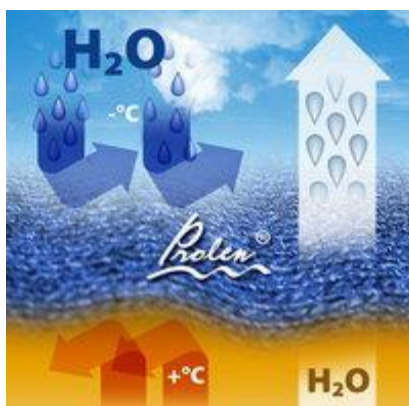
V této kapitole jsou uvedena speciální vlákna a úpravy, kterých je využito hlavně při výrobě funkčního prádla/termoprádla.

4.1 Prolen®

Prolen je tvarované polypropylenové vlákno vyrobené v roce 1974 firmou Chemosvit Fibrochem. [14]

Vlastnosti: nízká měrná hmotnost, schopnost nejmenší vodivosti a udržení mimořádné izolační síly, nejmenší absorpce vlhkosti a maximální transport vlhkosti, stálost barev a velká odolnost v oděru řadí toto vlákno mezi špičky dnešní doby. [14]

Složení: Velmi dobré je směsování s bavlnou a viskózou. Touto kombinací vytváří vlákno Prolen odpovídající komfort. [14]

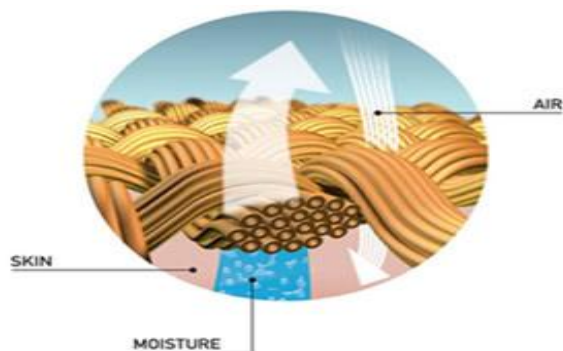


Obrázek 11: Ukázka funkčnosti vlákna Prolen[14]

4.2 Thermolite

Jedná se o vlákno vyráběné firmou Advansa, ale registrovaná ochranná známka patří společnosti Invista. Textilie umožňuje rychlý odvod vlhkosti od pokožky a transferuje ji na povrch textilie, kde se odpařuje. Vlákna jsou vyrobená z polyesteru a v samotné textilií jsou použita v kombinaci s polyamidem či elastanem. [15]

Vlákno poskytuje větší tepelnou izolaci i přes jeho nízkou hmotnost. Textilie vyrobená z toho vlákna schne o 20% rychleji než jiné termoizolační textilie a o 50% rychleji než bavlna. [15]



Obrázek 12: Ukázka funkčnosti vlákna Thermolite[15]

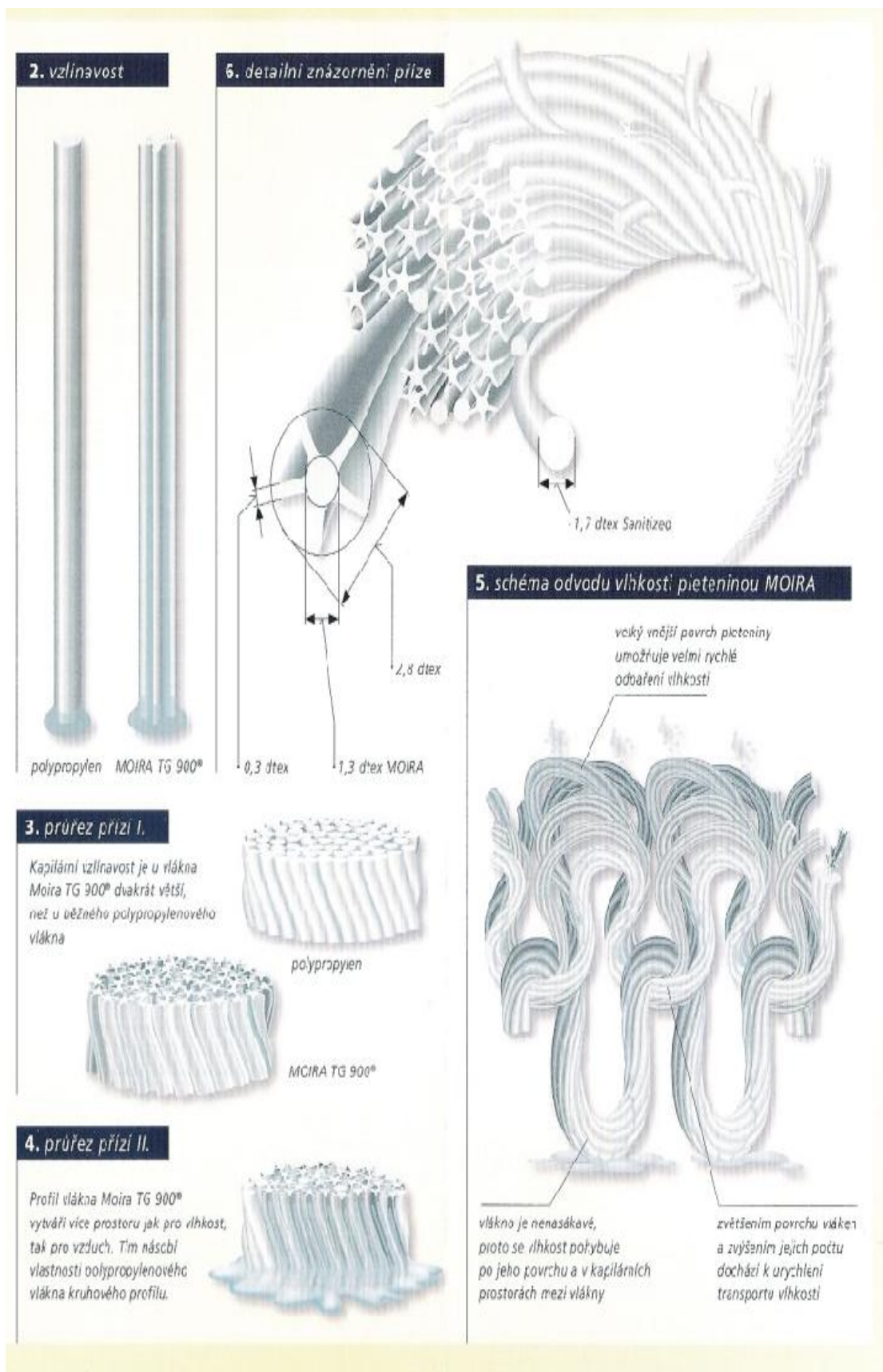
4.3 Moira Imarion

Je materiál, umožňující užívání líce i rubu přímo na tělo. Mění se tím tepelné poměr na pokožce i rychlost odvodu potu. Vnitřní strana s „ vysokým žebrem“ podporuje zvýšenou akumulaci vzduchu a tím tepelnou ochranu těla. Naopak, při oblečení výrobku žebrem ven nalehne hladší strana na tělo a zvýší odvod potu, vysoké žebro tentokrát na lící straně rychleji předává vlhko do dalších vrstev oblečení. [16]

4.4 Moira TG 900®

Vyrobeno z vysoce technizovaného polypropylenu. [16]

Vlastnosti: lehkost, pevnost, nenasákavost, dobře odvádí vodu a v zimě hřeje. Toto vše je dáno tvarem průřezu, který představu je pětilaločnou hvězdu. Tímto profilem se dvojnásobně zvětšuje obvod vlákna a také se zároveň vytváří úžlabí, kudy putuje rychlý odvod kapilární vlhkosti v okamžiku, kdy tělu hrozí přehřátí při dlouho trvající tělesné zátěži. Ve chvíli odpočinku pomáhá tělo stabilizovat a udržet tepelný komfort. Toto vlákno a výrobky z něho byly v počátcích 90.let v Čechách je synonymem pro funkční prádlo. [16]

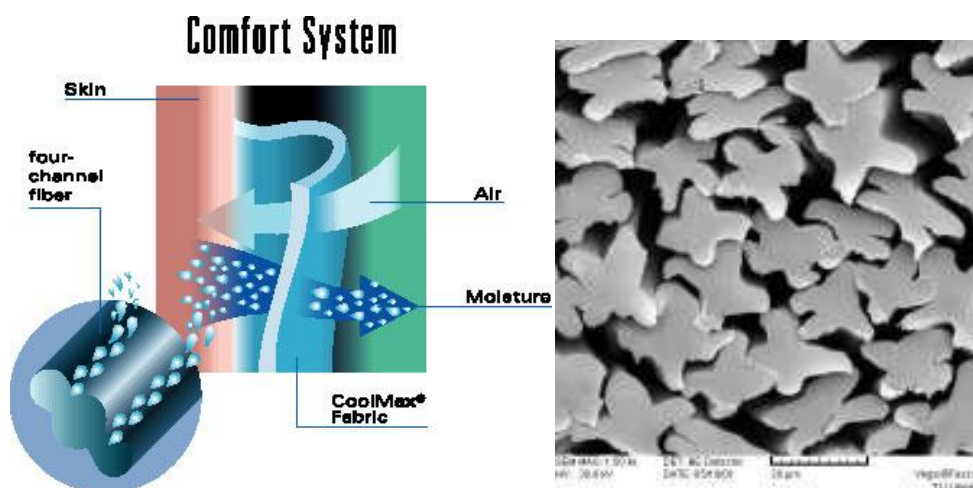


Obrázek 14: Ukázka funkčnosti vlákna Moira[16]

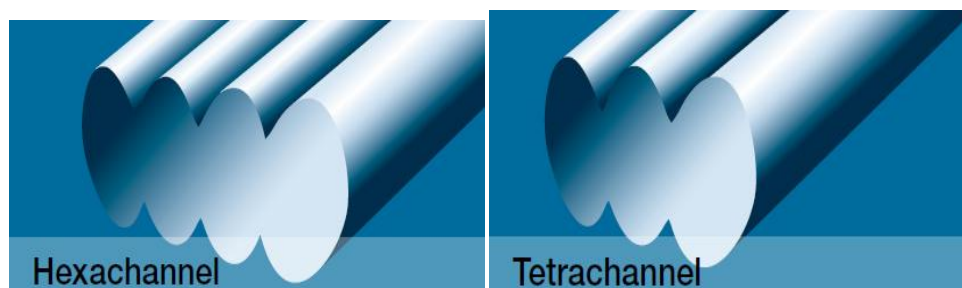
4.5 Coolmax

Coolmax je speciální modifikované čtyřkomorové vlákno vyrobené z polyesteru, vyráběné firmou Advansa, registrovaná ochranná známka však patří společnosti Invista. Konstrukce tohoto vlákna zvětšuje jeho povrch, viz obr. 13, a to umožňuje vynikající odvod par a vlhkosti od povrchu těla. Má velmi dobrou regulaci, a proto udržuje pokožku v suchu. Vláknem má též velmi nízkou nasákavost a rychleji schne.

Úplety vyrobené z tohoto vlákna jsou jemné, lehké a prodyšné, proto jsou vhodné jako 1. vrstva při vrstvení oděvu. Vzhledem k tomu, že je vlákno vyrobeno z polyesteru, je odolné proti plísni, pachům a je nenáročné na údržbu. Textilie vyrobené z toho typu vlákna se mohou využívat jen pro určité zóny – tam, kde se člověk nejvíce potí – potní zóny. Jedním z nejznámějších vysoce funkčních polyesterových vláken je COOLMAXové vlákno firmy Dupont. Toto vlákno je profilované do takového tvaru, který díky čtyřem kanálkům na povrchu vytváří tzv. knotový efekt. Tepelný efekt spočívá v tom, že díky nízkým adhezním silám vody s vláknem a speciálnímu profilu vlákna vlhkost vzlíná kapilárními cestami do všech stran. Jedna kapka vody se tak rozšíří do kruhu o průměru 50 mm, zatímco u bavlněného vlákna by bylo dosaženo kruhu o průměru 20 mm. Snížení místního zatížení textilie se projeví v nepřítomnosti diskomfortního omaku. Navíc polyesterové vlákno velmi rychle schne. [15]



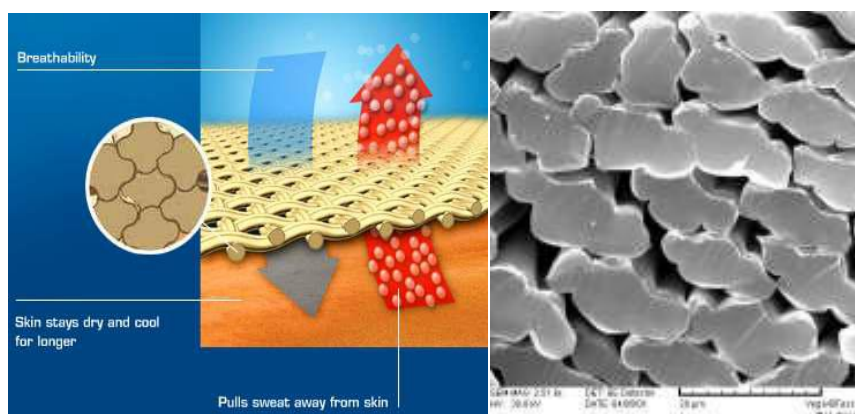
Obrázek 15: Ukázka funkčnosti vlákna CoolMax a jeho příčný řez[15]



Obrázek 16: Pokročilé průřezy pro maximální odvod vlhkosti[18]

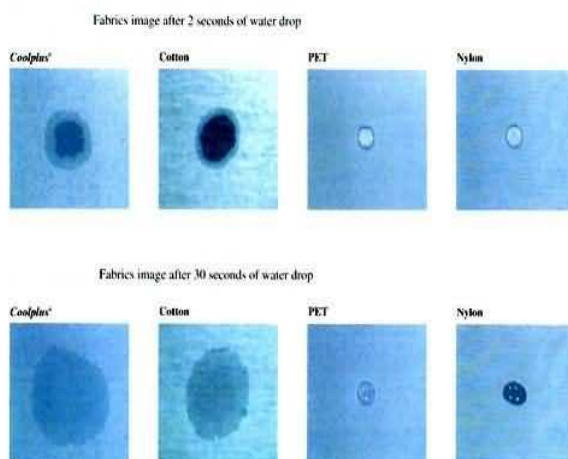
4.6 CoolPlus

Vlákno se vyrábí z polyesteru nebo také nylonu. Základní funkcí tohoto vlákna je, že velmi rychle odvádí vlhkost od pokožky pomocí kapilár. Toto speciální vlákno vytváří maximální plochu, díky svému tvaru, viz obr. 14, a tím výrazně přispívá k rychlejšímu odpařování vlhkosti. Pokožka zůstává suchá a textilie se nelepí na tělo. Zvyšuje pocit komfortu a možnost využití je velice široká – sport, zdravotnictví apod. [17]



Obrázek 17: Ukázka funkčnosti vlákna CoolPlus a jeho příčný řez[17]

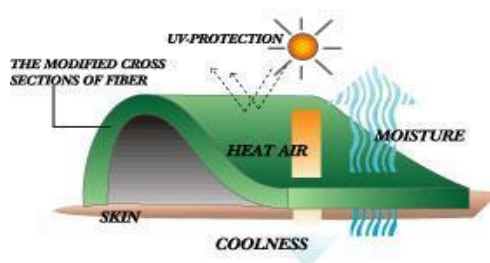
Na obrázku č. 18 je ukázka toho jak se chová jedna kapka vody na difúzní ploše 3 sekundy po aplikaci. Ve 2. řádku je tatáž plocha s 1 kapkou vody po 30 sekundách. Pokus byl proveden na textilií vyrobené z materiálu CoolPlus, bavlny, polyesteru a polyamidu. Je vidět jak se chová materiál CoolPlus – kdy se snaží kapka „rozprostřít“ vlhkost do plochy textilie, což simuluje nejrychlejšího odvodu potu od pokožky. [17]



Obrázek 18: Porovnání funkcností textilie z CoolPlus a Co, PL a PA[17]

4.7 Ice Cool

Vlákno je vyráběno z polyesteru nebo nylonu firmou Singtex. Textilie vyrobené z tohoto vlákna mají schopnost pomalu pohlcovat teplo od pokožky, ale rychle jej odvádět a díky tomu vytvářet chladnější pocit, viz obr. 18. Textilie jsou schopny snížit teplotu o 1 až 2°C. [19]



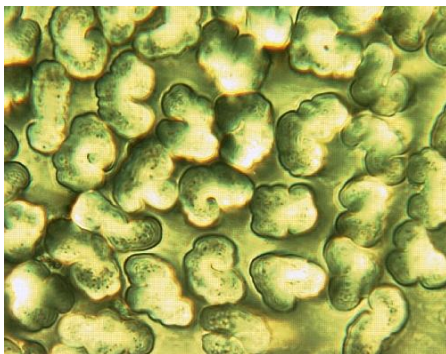
Obrázek 19: Ukázka funkčnosti vlákna Ice Cool[19]

4.8 Lycra

Je obchodní název pro elastan, v USA a Kanadě známý jako spandex, vyráběný firmou Invista. Jedná se o vysoce elastický polyuretan. Používá se v kombinaci s bavlnou, polyamidem, polyesterem atd. Zlepšuje vlastnosti oděvů. Je to segmentovaný polyuretan, který se skládá z měkkých nebo pružných segmentů spojených s tvrdými segmenty – toto vlákno dává trvalou pružnost. [20]

4.9 Modal

Jde o vlákno vyrobené na bázi regenerované celulózy. Registrovaná ochranná známka patří firmě Lenzing. Základní surovinou pro jeho výrobu je bukové dřevo. Modalová vlákna mají hladký a jemný povrch, zároveň mají dobrou nasákavost a dobrou schopnost rychle odvádět pot od pokožky. Na omak je úplet velmi jemný, ale přitom dostatečně pružný a odolný. [21]

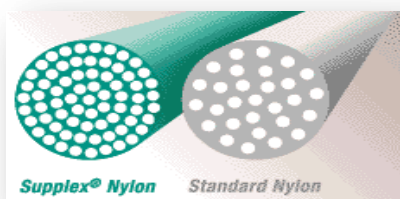


Obrázek 20: Modalové vlákno příčný řez[21]

4.10 Supplex

Vlákno zvané supplex se velmi podobá bavlně, jak vzhledem, tak i omakem. Je to směs polyamidu a lycry v poměru 90% polyamid k 10% lycry. Vyrábí ho firma DuPont.

Textilie vyrobené z toho vlákna jsou prodyšné, drží tvar, rychleji schnou než bavlna a drží si svou barvu. Tento materiál je vhodný pro výrobu sportovního a outdoorového oblečení. [22]



Obrázek 21: Srovnání vlákna Supplex a Nylon[22]

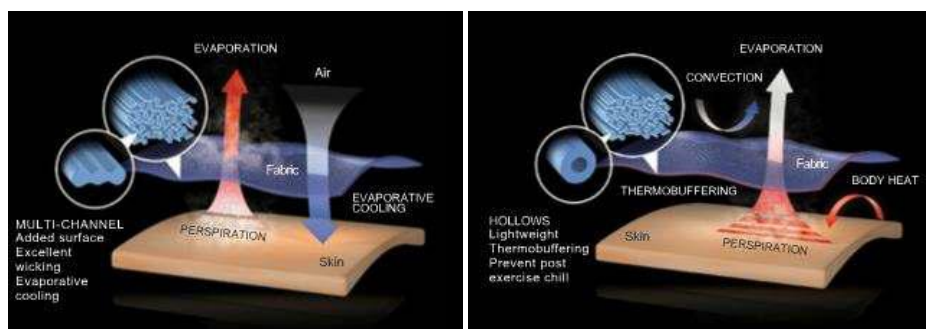
4.11 Thermo cool

Vlákno Thermo Cool je vyráběno firmou Advansa, a to z polyesteru. Je to kombinace vlákna dutého a vláken kanálkových, která jsou opletena okolo dutého vlákna, mají větší povrch a spolu s kanálky usnadňují rychlejší odpar vlhkosti, viz obr. 19. Textilie vyrobené z tohoto vlákna, mají schopnost optimalizovat termoregulaci lidského těla – pokožky a to podle potřeb jedince. Podle potřeby tělo ochlazuje nebo vyrovnává teplotu. Dalo by se říci, že toto vlákno poskytuje teplo, když se člověk cítí diskomfortně a je mu zima. Na druhé straně je schopno ochlazovat tělo za stavu horka. [23]



Obrázek 22: Průřez vlákna Thermo cool[23]

Při vysoké tělesné zátěži se hlavně využívá funkčnosti vláken omotaných okolo dutého vlákna – rychle odvádí vlhkost/pot od pokožky, odpařuje jí. Naopak při nízké zátěži je využito funkce dutého vlákna, to udržuje tělo v teple, protože má dobré termoizolační vlastnosti (vzduchová mezera, ve které nevzniká volná konvekce, je výborný tepelný izolant). Názorně je tato funkce ukázána na obr. 23. [23]



Obrázek 23: Ukázka funkce vlákna při nízké aktivitě a při vysoké aktivitě[23]

4.12 Micra

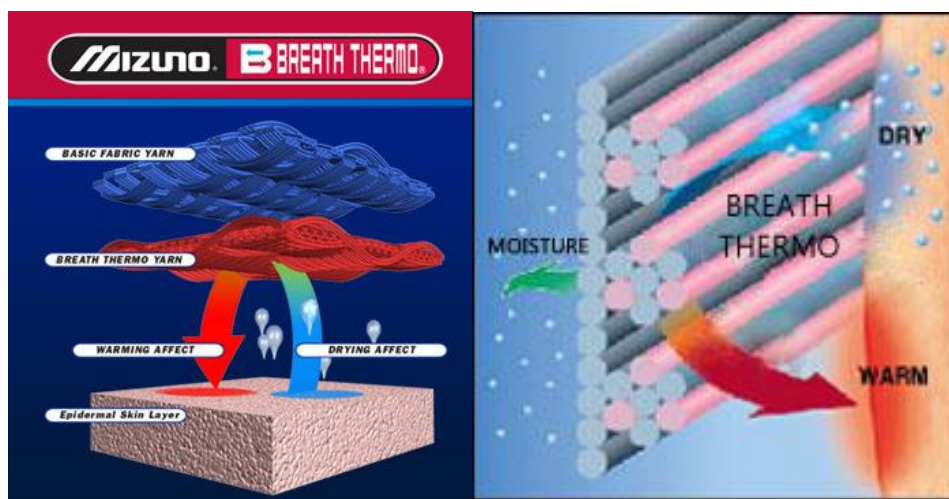
Materiál z polyesterového, speciálně tvarovaného mikrovlákn se zvýšenou plochou povrchu a proto rychleji než jiné textilie odvádí vlhkost bez absorpce do vlákna. Lidské tělo zachovává permanentně v suchu, teple a udržuje na těle souvislou vzduchovou vrstvu. Je tepelně stabilní jak v chladném, tak teplém prostředí. [24]



Obrázek 24: Ukázka funkce vlákna Micra. [24]

4.13 Breath Thermo

Tento materiál byl v r. 2002 poprvé testován a představen v USA na zimních olympijských hrách. Má absorbovat vlhkost z těla a měnit ji na teplo. Čím chladnější jsou podmínky, tím větší teplo má vytvořit. Vlákná Breath Thermo mají dle výrobce až třikrát větší schopnost zařít tělo než ostatní přírodní materiály, jako je vlna. Samotná příze je přitom kombinací zmiňovaných vláken a polyesteru. Teplota na těle je tak o 2 – 3 stupně vyšší a absorpce vlhkosti o 20% lepší, tím se tělo cítí v teple a pohodlí. Ohřátý vzduch je pak vzat do mezer mezi vlákny izolace, takže oděv uchovávat v suchu a teple. Zažijte Nasákavý a zdroje tepla Breath Thermo, zajišťující vaše teplo a pohodlí - a to i v teplotách pod bodem mrazu! . [25]



Obrázek 25: Ukázka funkce vlákna Breath Thermo. [25]

4.14 Cleancool

Unikátnosti materiálu CleanCool je dosaženo díky použití multikanálkového vlákna. Jeho hydrofobní integrální základ vyniká dokonalou schopností přepravovat vlhkost po jeho povrchu. Nepravidelná síť vláken vytváří četná kontaktní místa a díky nim je dosaženo ideálního vzlínání tělesného potu. Ten se ve vláknech nehromadí, ale rychle dosáhne povrchu, kde je vypouštěn do okolního vzduchu a Vaše pokožka zůstává v suchu.

Vlákno eliminuje zápach a NANO stříbro uvnitř struktury zajišťuje dokonalé antimikrobiální účinky. Oblečení s CleanCool má výborné termoregulační vlastnosti.[24]



Obrázek 26: Ukázka funkce vlákna Cleancool[24]

5. Termofyziologické vlastnosti

Dle literárních zdrojů je komfort definován velmi jednoduše jako příjemný stav fyziologické, psychologické a fyzické harmonie mezi člověkem a okolním prostředím, nebo jako neutrální stav, kdy člověk v oděvu nepociťuje psychologické ani fyziologické nepříjemné pocity (teplo, chlad, škrábání, atd.), přičemž zahrnuje složky jak termální tak i netermální a je úzce spjat s příslušným oděvem a konkrétní situací jako např. fyzická zátěž, normální a extrémní klimatické podmínky. Rozebereme-li však naše pocity při nošení oděvu, dojdeme k dalším definicím[26]:

- Oděv nás má chránit před zimou a před teplem – hovoříme o **tepelném komfortu**.
- Oděv má umožňovat tělu volně dýchat. Na těle nesmí být přítomen kapalný pot – hovoříme o **prostupu vzduchu, vodních par a vlhkosti**.
- Oděv nás nemá nikde škrtnout, dráždit, apod. – hovoříme o **konstrukci oděvu**.
- V oděvu se máme cítit dobře také po stránce estetické, má podtrhovat naši osobnost, nechceme-li však, nemá nás odlišovat příliš od ostatních lidí. Hovoříme o **estetičnosti, módnosti oděvu**. Tento komfort souvisí s životním postojem člověka, se žebříčkem jeho životních hodnot.

Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je stav organismu, kdy jsou termofyziologické funkce lidského organismu na optimální úrovni. Člověk tento stav vnímá jako pocit pohodlí. [2]

Termofyziologický komfort lze hodnotit [2]:

- teplotou pokožky,
- vlhkostí pokožky,
- obsahem CO₂ nad pokožkou ve vzdušné vrstvě.

Teplota pokožky

Teplota na různých místech těla není jednotná. Je dána v závislosti na fyzické zátěži, teplotě okolí a prokrvení těla. Průměrná teplota pokožky by se měla pohybovat kolem 33 – 35°C. Nejvíce prokrvená část těla má nejvyšší teplotu pokožky 35-36°C, je to hlava, oblast hrudníku a břicha. Periferní části těla mají teplotu 29-31 °C. Do této skupiny se řadí nohy a ruce. Nejchladnější část těla je špička nosu a konečky prstů s teplotou 23-28 °C. Každý člověk pociťuje teplotní pohodu na různě odlišné úrovni. Většinou se pohybuje v rozmezí průměrné teploty pokožky 32-34 °C. Při nulové tělesné zátěži a normálním prokrvení organismu, ale k termoregulaci nedochází, jelikož se tělo nezahřívá ani neochlazuje a nevylučuje pot. V tomto stavu vydrží člověk pracovat neomezeně dlouho a vyjadřuje pocit tepelné pohody= termofyziologický komfort.[26]

Pokud tělo není schopné samoregulace např. při vyšší zátěži (také při sportu), dopomáhá nám k ní oděvní systém tvořený několika vrstvami skládajících se jednak z oděvních vrstev také ze vzduchu uzavřeného mezi vrstvami a vzduchu uzavřeného tzv. cibulový efekt.[26]

Vlhkost pokožky

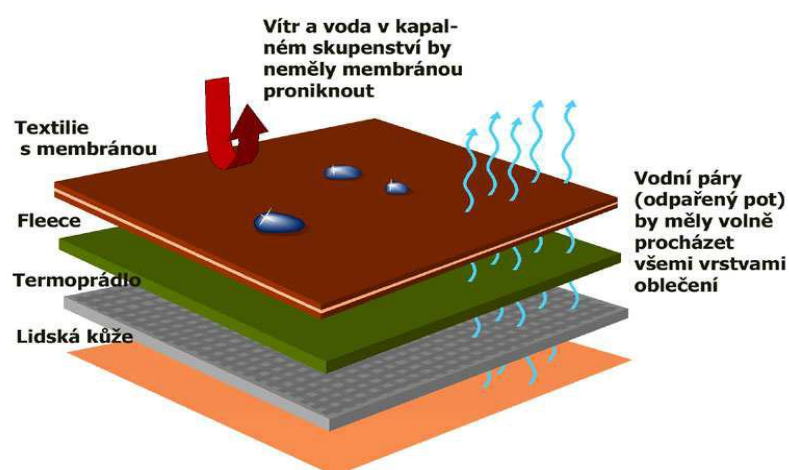
Je závislá na teplotních změnách okolí a fyzické zátěži, která určuje množství vyloučené vody ve formě pocení. Při normálním prokrvení organismu, je-li tedy tělo v teplotním optimu, k pocení nedochází.[26]

Obsah CO₂ nad pokožkou ve vzdušné vrstvě

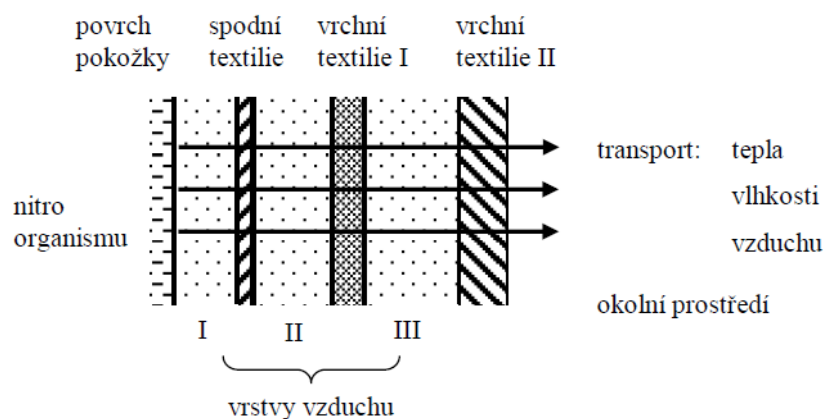
Jedná se o koloběh výměny O₂ a CO₂, kdy kyslík vstupuje do organismu a zpětně z organismu vystupuje oxid uhličitý (z kůže do okolního prostředí). Mezi oděvem a kůží se tvoří specifická klimatická vrstva, která se nazývá mikroklima oděvu. Mikroklima oděvu je charakterizováno teplotou, relativní vlhkostí a obsahem CO₂ [26].

Termofyziologický komfort nastává při těchto podmínkách [2]:

- teplota pokožky $33 - 35^{\circ}\text{C}$,
- relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$,
- rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$,
- obsah CO_2 $0,07\%$,



Obrázek 27: Ukázka cibulového efektu[26]



Obrázek 28: Ukázka transportu vlhkosti, tepla a vzduchu[26]

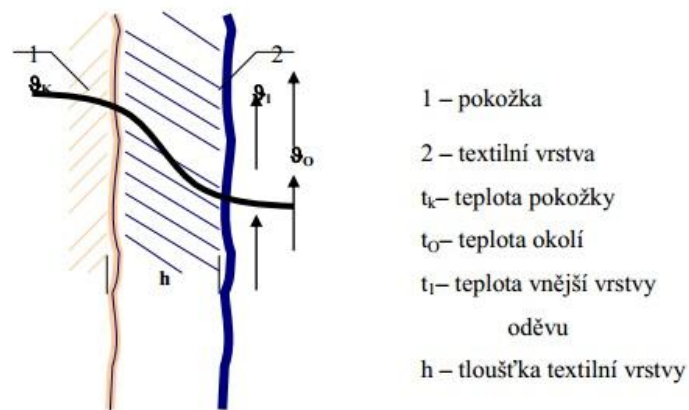
5.1 Přenos tepla

K přenosu tepla mezi člověkem a okolím dochází následujícími způsoby[26]:

- kondukcí (vedením)
- konvekcí (prouděním)
- radiací (zářením)

5.1.1 Konduktce - přenos tepla vedením

Kondukcí rozumíme přenos tepla vedením, jde přibližně až o 5-ti % ztrátu tepla chodidly, sezením, ležením a doteky. Konduktce je mechanismus vedení tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech, jde konkrétně o přenos tepla vedením probíhající u spodního prádla či oděvu, který má přímý kontakt s povrchem lidského těla. Přenos tepla tímto způsobem by se dal nazvat jako „kontaktní způsob“ odvodu tepla. Celý proces funguje na bázi předávání kinetické energie, tudíž musí být teplota okolí nižší než teplota těla. Čím vyšší je rozdíl teplot mezi tělem a okolím, tím je přenos tepla vedením rychlejší. Proces nezávisí jen na rozdílu teplot, ale i na tloušťce vrstvy přilehlého oděvu, množství statického vzduchu v oděvu a na vnějším pohybu vzduchu.[27]



Obrázek 29: Konduktce přenos tepla vedením[26]

Základním zákonem pro vedení tepla je *Fourierův zákon* vyjadřující úměrnost mezi tokem tepla q^* [W/m²], tepelnou vodivostí λ [W/(m·K)] a teplotním gradientem $grad\ t$. [29]

$$q^* = -\lambda grad\ t \quad [W \cdot m^2 K] \quad (1)$$

Záporné znaménko ukazuje, že tepelný tok λ a teplotní gradient $grad\ t$ mají jako vektory opačný smysl, tj. že se šíří ve směru klesající teploty. [29]

Při hodnocení tepelného komfortu je velice významným vztahem tepelný odpor R [m²K/W] deskových materiálů, jako jsou plošné textilie, tenké vzduchové vrstvy a jiné, o tloušťce h [m]. [29]

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad [m^2 K \cdot W] \quad (2)$$

Tepelný odpor vzduchové vrstvy v oděvu dosahuje maxima, když $h = 5$ mm, u silnějších vrstev tepelný odpor klesá, protože se uplatňuje volná konvekce. [29]

Podle Fourierova zákona, kde homogenní neomezenou rovinou stěnou, s povrchy, které jsou udržovány na nestejných teplotách, prochází tepelný tok. [29]:

$$Q^* = \lambda \frac{t_{s1} - t_{s2}}{l} S \quad [W] \quad (3)$$

kde λ je součinitel tepelné vodivosti materiálu stěny [W/(m·K)], t_{s1}, t_{s2} je časově neměnné teploty izotermických povrchů stěny [°C, K], l udává tloušťka stěny [m] a S charakterizuje povrch stěny [m²]. [29]

Součinitel tepelné vodivosti závisí na druhu látky a u té samé látky se mění s teplotou, vliv tlaku se zanedbává, hlavně u látek pevných. Nejvyšší hodnotu součinitele tepelné vodivosti mají kovy. [29]

5.1.2 Konvekce – přenos tepla prouděním

Konvekce je nejvýznamnější přenos tepla mezi člověkem a okolním. Teplo je transportováno částicemi tekutin, které se pohybují s rychlostí v [m^2/s]. Mezi objektem a prostředím se vytváří tepelná mezní vrstva o tloušťce δ , ve které se realizuje teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší při tzv. laminárním proudění a klesá u proudění turbulentního, kdy jednotlivé dráhy částic nezachovávají svůj původní směr a vzájemně se mísí. Při turbulentním proudění je přenos tepla intenzivnější než při laminárním. Turbulentní proudění je v případě, kdy tzv. *Reynoldsovo číslo* Re převyšuje 2300. [29]

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad [-] \quad (4)$$

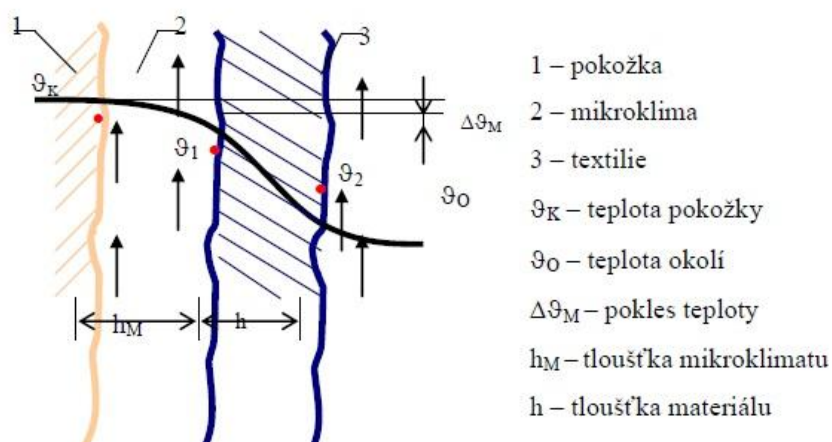
d rozměr objektu [m]

ν dynamická viskozita tekutiny [m^2/s]

Tepelný tok q přenášený prouděním vyjadřuje Newtonův zákon:

$$Q^* = \alpha(t_f - t_s) * S \quad [W] \quad (5)$$

kde α je součinitel přestupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$], t_f udává teplota tekutiny [$^{\circ}\text{C}$, K], t_s je teplota stěny [$^{\circ}\text{C}$, K] a S je teplosměnný povrch [m^2]. [31]



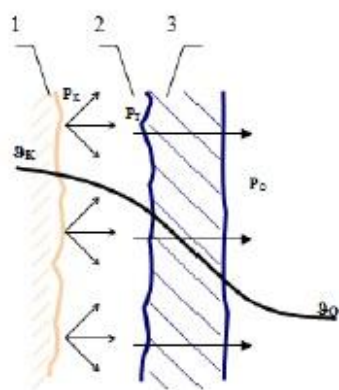
Obrázek 30: Konvekce přenos tepla prouděním[26]

5.1.3 Radiace - přenos tepla zářením

Tepelné záření, nebo také radiace nevyžaduje hmotné prostředí. Přenos se uskutečňuje prostřednictvím elektromagnetického vlnění, které se šíří rychlostí $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Vzniká v důsledku tepelného stavu těles. Při dopadu na povrch jiných těles nebo jejím průchodem se mění části zářivé energie zpět na energii tepelnou. Při dopadu záření na povrch tělesa může dojít ke třem jevům. Záření se může od tělesa buď odrazit, prostoupit tělesem, nebo může být objektem pohlceno. I lidské tělo může přijímat či vydávat teplo radiací. Vlnová délka tepelného záření je od 100 nm až po 1 mm, z toho teplo vyzařované člověkem se pohybuje okolo středu infračerveného spektra. Je to závislé na teplotě okolního prostředí, vlhkosti a odhalení. O výdeji tepla se mluví tehdy, když je okolní teplota nižší než teplota lidského těla. Podle délky vlny se rozděluje do několika typů záření: gama záření (nejkratší vlnové délky), rentgenové záření, extrémní ultrafialové záření, ultrafialové záření, optické záření, infračervené záření, submilimetrové záření, mikrovlnné záření a radiové záření. [28]

5. 2 Přenos vlhkosti

Se uskutečňuje stejně jako u tepla prouděním nebo vedením ve formě vodní páry. Dochází k předávání vlhkosti z míst o větší relativní vlhkosti do míst s menší relativní vlhkostí. Uskutečňuje se pomocí molekulární difuze a pomocí konvekce. Závisí na rozdílu mezi koncentrací nasycené páry nebo parciálním (nasyceným) tlakem p_{WSAT} [Pa] na povrchu těla – lidské pokožky a aktuální koncentrací vodní páry - jejím parciálním (nasyceným) tlakem p_{WE} [Pa] okolního prostředí. Nedílnou součástí přenosu vlhkosti je také přenos tepla, který je přenosem vlhkosti přímo ovlivněn. Opačný poměr těchto parametrů vynásobený 100 se nazývá relativní vlhkost ϕ [%]. [28]



1 – pokožka

2 – mikroklima

3 – textilie

PK – parciální tlak vodních par na povrchu kůže

PT – parciální tlak vodních par na vnitřním povrchu první textilní vrstvy

PO – parciální tlak vodních par ve vnějším prostředí

ΘK – teplota pokožky PK > PT

ΘO – teplota okolí

Obrázek 31: Přenos vlhkosti vedením mezi kůží a okolím[26]

Při dostatečném gradientu hnací síly se odparem vlhkosti m^* [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$] odvede z povrchu tepelný tok q [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$] dle rovnice (), kde L značí výparné teplo vody, které má při teplotě 20 °C hodnotu $2,4 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. [28]

$$q = m^* \cdot L \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6)$$

5.2.1 Difuze vodních par ve vzduchu

Podlé základního zákona pro molekulární přenos vlhkosti *Fickův zákon*, který uvádí, že množství páry m^* [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] je přenášeno vzduchovou mezerou tloušťky h , zároveň je přímo úměrná difúznímu koeficientu D_p [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$] a gradientu parciálního tlaku. Místo gradientu parciálního tlaku může být použit i gradient koncentrace hmotnosti (množství vody ve vlhkém vzduchu) a difuzní koeficient D_c [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]. Hodnota difuzního koeficientu D_c je pro obě vzájemně difundující složky, tj. pro vzduch i vodní páru stejná, lze ji tedy označit jako binární difuzi. Hodnota D_p je však pro obě složky různá, protože se liší plynové konstanty. Poměr difuzivit D_p vlhkosti a D_p vzduchu je cca 0,622. [28]

$$m^* = -D_p \cdot \frac{\Delta p_{\text{parc}}}{\Delta x} = -D_c \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

Rozdíl mezi oběma tvary je dán stavovou rovnicí pro vodní páru (3), rovností rozdílů koncentrací a hustot difundující páry ($C_{WSAT} - C_{WE} = \rho_{WSAT} - \rho_{WE}$) při daném parciálním tlaku a dosazením do 1. Fickova zákona (4). Veličina T [K] označuje absolutní teplotu vodní páry a veličina r [$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$] označuje měrnou plynovou konstantu[29]

$$dp_{\text{parc}} = r \cdot T \cdot d\rho \quad [\text{Pa}] \quad (8)$$

$$D_p = \frac{D_c}{r \cdot T} \quad (9)$$

Přímo na volné hladině vody má vodní pára stejný tlak, jako by měla sytá pára při shodné teplotě povrchu. Je-li teplota vodní páry vyšší, než-li je teplota rosného bodu okolního vzruchu, dochází k jejímu vypařování. Pro zachování ustáleného stavu, je třeba vodu buď přehřívat, v případě, že má voda nižší teplotu než je teplota mokrého teploměru vzduchu, nebo naopak ochlazovat, má-li teplotu vyšší. [28]

5.2.2 Přenos vlhkosti konvekci

Podobně jako u Newtonova zákona přenosu tepla prouděním je potřeba využít experimentálně zjištěné součinitele přenosu vlhkosti z kritériálních rovnic. Hustotu toku vlhkosti lze tedy spočítat podle rovnice (10). Vztah mezi β_p [$\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$] a β_c [m.s^{-1}] vyjadřuje rovnice (11), která vychází ze stavové rovnice ideálního plynu. [30]

$$m^* = \beta_p \cdot (p_{WSAT} - p_{WE}) = \beta_c \cdot (C_{WSAT} - C_{WE}) \quad [\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}] \quad (10)$$

$$\beta_p = \frac{\beta_c}{r \cdot T} \quad [\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}] \quad (11)$$

Koeficient přestupu vlhkosti proudění β_p je přímo úměrný rychlosti proudění vzduchu stejně jako koeficient přestupu tepla prouděním α [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]. Vzhledem k analogii mezi přenosem tepla a vlhkosti, může být koeficient přestupu vlhkosti prouděním počítán pro nižší rychlosti podle *Lewisova zákona* (7), kde c_{pA} [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] označuje specifické teplo vlhkého vzduchu. [28]

$$\beta_c = \frac{\alpha}{c_{pA}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (12)$$

5.2.3 Sorpční vlastnosti

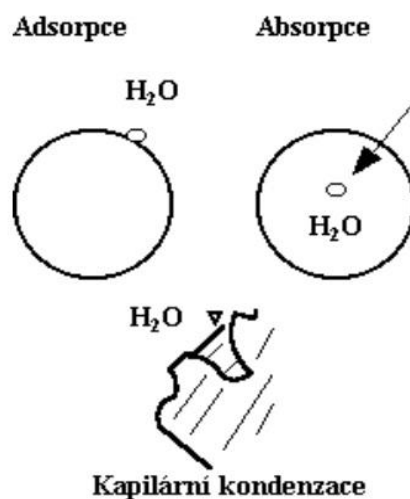
Vlastnosti textilních vláken a textilií z nich se mění podle toho, jaká je jejich vlhkost.

Hovoříme o tom, že textilní vlákna mají sorpční vlastnosti, to znamená, že jsou schopna přijímat z ovzduší, od lidského těla, apod. vlhkost, popř. plyny, chemikálie, atd. Toto přijímání vlhkosti se může dít buď [32]:

- **nevratně (ireversibilně)** – v případě chemisorpce, kdy se molekuly vody navazují na vodíkové můstky ve struktuře vlákna [32],
- **vratně (reversibilně)** – v případě fyzikální sorpce, kdy se molekuly vody navazují na sorpční centra vláken slabšími silami (např. *Van der Waalovými*) [32].

Podle schopnosti přijímat vodu, resp. vodní páry hovoříme o vláknech [32]

- **hydrofóbních**, která vodu **nepřijímají** – příkladem je polypropylén
- **hydrofilních**, která vodu **přijímají** velmi dobře – příkladem je bavlna, vlna, viskózová vlákna a ostatní.



Obrázek 32: Ukázka absorpce, adsorpce a kapilární kondenzace[32]

V tomto případě vlákna přijímají dobře také chemické látky, např. barviva, mají tzv. vysokou afinitu k vodním parám, k barvivům, atd. [32]

- a) Molekuly vody jsou vázány na povrch – tzv. **adsorpce**.
- b) Molekuly vody prostupují dovnitř struktury vlákna.
- c) Voda v kapalném stavu kondenzuje v pórech na povrchu vlákna – tzv. **kapilární kondenzace**.



Obrázek 33: Nasákavost vláken CO, PL a PP v %[32]

Difúze hmotou vlákna, dochází k transportu penetrantů do struktury vláken. U vody dochází k navlhání vláken. V některých případech dochází k zadržování penetrantů na specifických místech ve vláknech a vytvoření vazby s vláknem[32].

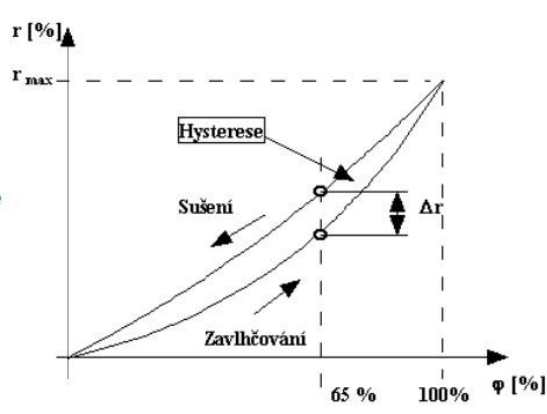
Desorpce molekul penetrantu zpět do okolí (resp. přenos penetrantu). U vody znamená tento proces sušení. Při sušení vláken hovoříme o uvolňování vody z vláken, o tzv. **desorpci**. [32]

Vlivem sorpčních dějů dochází u vláken ke změnám vlastností. Vláknobobtnají (zvyšuje se jejich průřez a délka), mění se jejich mechanické vlastnosti (např. len vlivem vlhka zvyšuje svou pevnost asi o 20 %, kdežto viskóza svou pevnost snižuje až o 50 %), ale hlavně se mění jejich hmotnost, která je důležitá pro obchodování s textiliemi a pro stanovení jemnosti (délkové hmotnosti, plošné měrné hmotnosti). [32]

Závislost relativní vlhkosti vláken na relativní vlhkosti vzduchu

Jak je z výše uvedeného textu zřejmé, vlákna mohou přijímat vodu, resp. vodní páru, ze vzduchu a do vzduchu ji také odevzdávat. Většinou se toto zvlhčování nebo sušení děje při konstantní teplotě. Obsah vody ve vzduchu je dán **parciálním tlakem vodních par**. Tento parciální tlak vodních par způsobuje, že vodní pára buď proniká tam, kde je parciální tlak vodních par menší, tzn. **do suchého vlákna**, nebo se z **vlhkého vlákna uvolňuje** a odchází do suchého vzduchu tak, aby byl parciální tlak vodních par vyrovnán. Při uvolňování vody z vlákna do vzduchu dochází ke zpoždění, protože je potřebné přemoci síly, které vodu ve vláknech váží. Tento jev je popisován průběhem závislosti relativní vlhkosti vlákna r na relativní vlhkosti vzduchu ϕ . Tato závislost se nazývá **sorpční izoterma**, a to proto, že popisuje vzájemnou výměnu vodních par mezi vlákny a vzduchem při konstantní teplotě. Zpoždění uvolňování vody z vláken vlivem sil, které váží vodu ve struktuře vlákna způsobuje, že křivky nejsou totožné, ale vymezují mezi sebou plochu, které říkáme **hystereze**. [32]

Tato plocha je obrazem „ztracené“, neboli disipované energie (energie se podle zákona o zachování energie nemůže ztratit, ale přeměňuje se, v tomto případě např. v energii tepelnou). [32]



Obrázek 34: Sorpční a desorpční izoterma[32]

Vlhkostní přírážka - (reprisa, uzanční vlhkost), je konstantní povolená přírážka hmotnosti materiálu na obsah vody. Povolovaný obsah vody vychází z relativní vlhkosti materiálu při normovaném ovzduší. [32]

Vlákno	Vlhkostní přírážka vláken [%]	Vlhkostní přírážka příze [%]
Bavlna	8,5	8,5
Len	12	10
Vlna mykaná	17	17
Vlna česaná	17	18,25
Viskóza	11	11
Polyamid	5,75	5,75
Polyester	0,70	0,70
Polyakrylonitril	1,0	1,00
Polypropylén	0,1	0,10

Obrázek 35: Tabulka vlhkostní přírážky[32]

Zajišťování klimatických podmínek pro zkoušení vlastností textilií

Klimatizační sušáky – sušení v kontejnerech při 105 ± 2 °C pokud není hmotnost difference menší než 0,05 %. dodávaný vzduch obsahuje $9,5 \pm 2$ g vody/kg, rychlost ventilace je větší než 0,2 m/s. Doba sušení 30-40 minut[32]

Dnes sušení **IČ** nebo mikrovlny.

Nepřímé metody - vodivostní, kapacitní, hygrometrická čidla, NIR (Nera infrared) spektroskopie (8-2% RH) měří se IČ reflexe pro 19 volných vlnových délek 2336-1480 mm. [32]

Klimatizování celého prostoru zkušebny (laboratoře) – velmi náročné na energii, ovzduší není pro pracovníky laboratoře tím nejvlídnějším, klimatizace celé laboratoře se proto provádí pouze u certifikovaných laboratoří, převážná většina všech laboratoří klimatizována není, musí být zajištěno vlhčení a sušení vzduchu, ohřev a chlazení vzduchu a regulace. [32]

Klimatizovaná vlhkost - hmotnost materiálu s normovaným obsahem vlhkosti

Suchá hmotnost - hmotnost suchého (vysušeného) materiálu.

Klimatizování vzorků

Klimatické podmínky pro zkoušení textilií, jsou pokaždé předepsány normou.

V základu jsou definovány: Teplota vzduchu: $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ a vlhkost vzduchu: $65 \pm 2 \%$

Hlavní faktory klimatizace[32]:

- doba klimatizace souvisí přímo s objemem vláken a s hustotou uložení vláken,
- doba klimatizace nepřímo souvisí s jejich povrchovou plochou, s teplotou a rychlostí ofukování děje při působení vlhkosti RH – bobtnání, hydrální expanze.

6. Teorie sušení

Podstatou sušení je přechod vlhkosti z kapalné fáze do fáze plynné tzv. difúze. Tak, že např. vzduch použitý k sušení nesmí být vodou nasycen, ale musí obsahovat jen co nejmenší množství maximálního možného množství vody (vlhkosti). Poměr hmotnosti vlhkosti v určitém objemu daného vzduchu k hmotnosti maximálního objemu vlhkosti daného vzduchu v určitém objemu se nazývá **relativní vlhkost vzduchu**. Vzduch používaný k sušení obsahuje zhruba 30 až 75% relativní vlhkosti. Nejprve přechází voda z povrchu materiálu (vnější difuze) a až následně (vytvoří se gradient vlhkosti uvnitř materiálu) odchází voda uvnitř materiálu směrem ven (vnitřní difuze). Rychlost sušení je určena pomalejším z obou dějů. Rychlost sušení ovlivňují tyto hlavní parametry[33] :

- přirozená povaha textilního materiálu, jeho struktura, chemické složení, druh vlhkosti, tvar sušeného materiálu, tloušťka vrstvy a velikost sušeného povrchu,
- počáteční a konečný obsah vlhkosti materiálu a kritický obsah vlhkosti, teplota, vlhkost a rychlost proudění sušicího média, zvolený typ sušicího média,
- konstrukce sušicího zařízení.

Vlhkost můžeme rozdělit na volnou, kterou lze v daných podmínkách odstranit a neodstranitelnou = rovnovážnou, která v materiálu zůstane i po sušení a je v rovnováze s obsahem vody ve vzduchu a závisí i na sušeném materiálu. Vlhkost vzduchu lze vyjádřit pomocí relativní vlhkosti φ , která udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. [33]

Při procesu sušení probíhá sdílení hmoty a tepla. Rychlostí děje je hybná síla, která je rovna rozdílu koncentrací sdílené složky. Pomocí této veličiny lze vyjádřit rychlost děje sušení pomocí intenzity hmotnostního toku vlhkosti m^* , a spočítat pomocí difuzního součinitele a rozdílu koncentrací, jak bylo uvedeno v rovnici (10). [33]

$$m^* = \frac{\partial^2 m_w}{\partial S \partial \tau} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (13)$$

Proces sušení lze rozdělit do tří částí. Počáteční vlhkosti v materiálu označíme jako W_{w0} a teplotu vlhkého materiálu na počátku děje jako T_0 . Na začátku děje je uveden vlhký materiál do kontaktu s proudem vzduchu o teplotě vyšší, než je teplota materiálu a s koncentrací vlhkosti ve vzduchu menší, než je koncentrace vlhkosti na povrchu sušeného materiálu. V tu chvíli začíná probíhat proces sušení. [33]

1) Počáteční období sušení:

Materiál se začne ohřívat na teplotu mokrého teploměru (je to taková teplota vody, při níž je teplo potřebné k vypařování vody do vzduchu odebráno přestupem tepla konvekcí z okolního vzduchu - při izobarickém ději), přičemž se z povrchu začne odpařovat i vlhkost a dojde k poklesu koncentrace vlhkosti v materiálu. Proces znázorňuje křivka v grafu 1 od bodu A po bod B. Díky odpařování vlhkosti dochází ke spotřebovávání tepla dodávaného ze sušícího vzduchu a tím pádem se proces ohřívání materiálu zpomalí. Toto období je velmi krátké. [33]

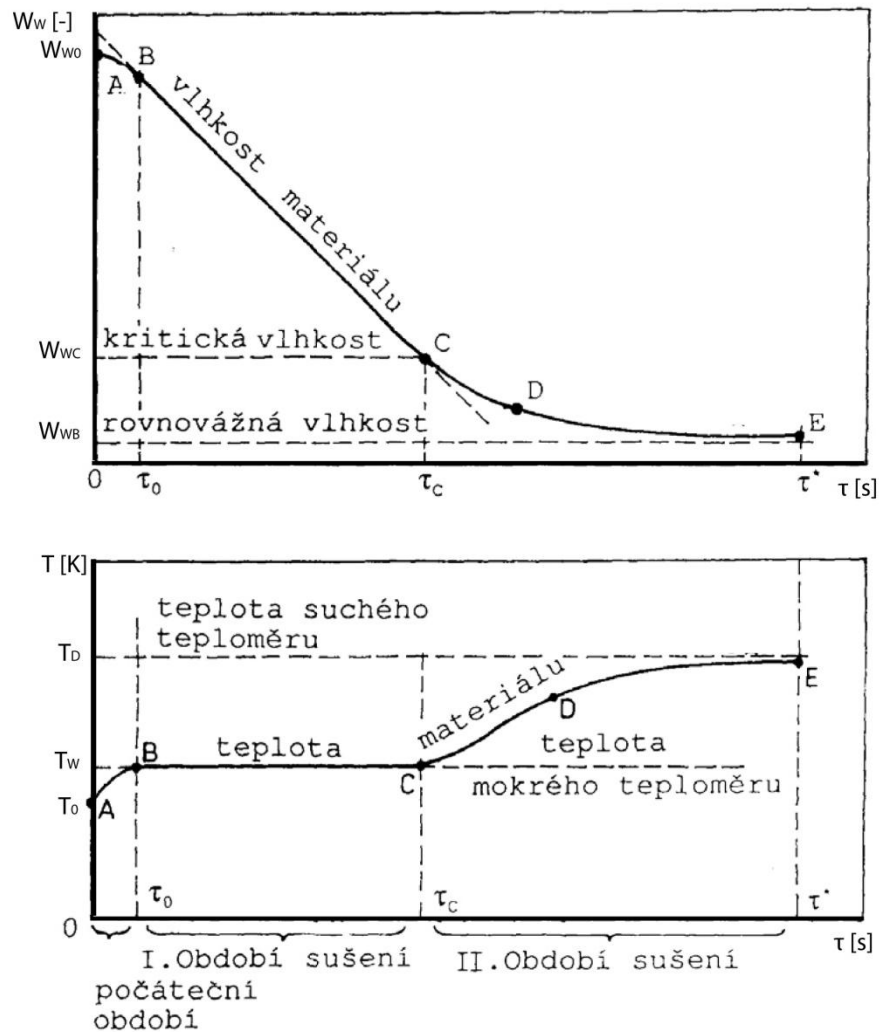
2) Období konstantní rychlosti sušení materiálu (I. období):

V bodě B na sušící křivce grafu 1 je teplota materiálu rovna teplotě mokrého teploměru a nemění se. Všechno teplo dodávané sušícím vzduchem se spotřebovává na odpařování nevázané vlhkosti v materiálu. Rychlost sušení je konstantní a tenze vodních par nad povrchem materiálu je v tomto období stejně velká jako tenze par nad čistou vodou stejné teploty. [33]

V bodě C křivky sušení je hodnota vlhkosti materiálu W_w rovna kritické hodnotě vlhkosti W_{wc} . V tomto období sušení závisí rychlost sušení na teplotě, vlhkosti a hmotnostním průtoku vzduchu a nezávisí na okamžité vlhkosti materiálu. [33]

V prvním období sušení tedy rychlost sušení nezávisí na čase a rovnice (13) se zjednoduší na rovnici (14), kde \dot{m}_w označuje hmotnostní tok odpařené vody. [33]

$$m^* = \frac{\dot{m}_w}{S} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (14)$$



Obrázek 36: Kvalitativní průběh závislosti vlhkosti v materiálu W_w a teploty na době sušení [33]

3) Období klesající rychlosti sušení (II. období):

Ve chvíli, kdy sušící křivka dosáhne bodu C, přestane povrch materiálu pokrývat vrstva kapaliny, první částice pevného materiálu se dostanou do kontaktu se vzduchem a rychlost sušení začne klesat. Materiál se začne ohřívat nad teplotu mokrého teploměru, což v grafu 1 znázorňuje bod D. [33]

Dochází ke zpomalení sdílení hmoty, protože dráha difundující páry je složitější a tím pádem je i větší odpor proti difuzi. V bodě E se teplota materiálu téměř vyrovná teplotě sušícího vzduchu a vlhkost materiálu je skoro rovna rovnovážné vlhkosti W_{wb} . [33]

Děj sdílení tepla a hmoty se zastavuje, protože nelze materiál v daných podmínkách okolního prostředí více vysušit. Teoreticky můžeme říci, že by dosažení rovnováhy trvalo nekonečně dlouhou dobu. [33]

Rychlost sušení lépe spočítáme z vlhkosti materiálu (15), po dosazení do rovnice (14) získáme vzorec (16), ze kterého je zřejmé, že při konstantní intenzitě hmotnostního toku vlhkosti m^* bude konstantní také změna koncentrace vlhkosti v materiálu podle času. [33]

$$\dot{m}_w = -m_F \cdot \frac{\partial W_w}{\partial \tau} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (15)$$

$$m^* = \frac{m_F}{S} \cdot \frac{\partial W_w}{\partial \tau} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (16)$$

Aby došlo k odpařování vlhkosti z materiálu, je třeba mu dodávat teplo. Tepelný tok z plynu (vzduchu) do sušeného materiálu vyjadřuje rovnice přestupu tepla, kterou lze zapsat v tomto tvaru (17), kde T_E značí teplotu okolí a T_F teplotu materiálu v Kelvinech. [33]

$$\dot{Q} = \alpha \cdot (T_E - T_F) \cdot A \quad [\text{W}] \quad (17)$$

Průběh sušení je třeba stanovit pro každý materiál experimentálně, závisí tedy na podmínkách sušení a daném materiálu. Z takto získaných dat lze získat závislost rychlosti sušení na obsahu vlhkosti v materiálu. [33]

7. Normy a metodiky zabývající se dobou sušení

V současné době nejsou k dispozici vhodné metody pro vlhčení vzorků a určení času sušení. Většina prací se zaměřuje na savost více než na sušení. Proto se věnuje spousta textilních výrobců snaze vyvinout standardní testovací metody pro měření sušení textilií. Ve velké většině výrobců využívají subjektivního hodnocení. Hodnocení spočívá v použití výrobku a obodování jednotlivých částí, savost, prodyšnost atd. Což poskytuje zkreslené informace. Existuje několik metodik a norem, zabývajících se způsobem sušení. Bohužel však v žádné z nich nejsou specifikovány přesně podmínky měření tak, aby bylo možné podle nich testovat materiály opakovaně s reprodukovatelnými výsledky.

Neoficiální techniky pro stanovení vysoušecích vlastností textilií byly publikovány v roce 2008 v AATCC / ASTM: Vedení vlhkosti - technická příloha (aplikace na textilní zboží). Následně byla vydána nová Americká norma s názvem: Drying Time of textiles, jež bude popsána v dalších kapitole. I na území Asie dochází k testování rychlosti schnutí, vychází z norem japonských, tzv. JIS norem.

7.1 Norma AATCC testovací metoda 199-2011 Drying Time of textile: Analyzátor vlhkosti

Tato zkušební metoda, pochází z Ameriky. Je určena k vyhodnocení doby schnutí, pletené, tkané, netkané textilií, při zvýšené teplotě, pomocí gravimetrického analyzátoru vlhkosti – simulují tělesné teplo nebo podmínky použití.

7.1.1 Terminologie

Doba sušení N - je čas potřebný na stanovení množství tekutiny odpaření z textilu za kontrolovaných zkušebních podmínek. Množství vody stanoveno v přípravném kroku tak, že je dána suchostí vzorku. Zkušební podmínky jsou řízeny analyzátozem.[31]

Koncový bod N – bod ukončení sušení testu, je buď původní suchá hmotnost, nebo jiná dohodnutá hodnota. Hmotnost $+4,0\%$ vlhkosti. [31]

Zadržování vlhkosti – pro tuto metodu, procento zadržování vlhkosti vzorku po ponoření do deonizované vody na 1 min a zavěšené svislé poloze po dobu 5 min v řízeném prostředí [31]

Test strany N-side – lící nebo rubová strana vzorku, na které je aplikován zkušební objem vody a je umístěna na analyzátoru vlhkosti vrchní stranou. [31]

Ztráta hmotnosti N – rozdíl mezi hmotnostmi nasyceného vzorkem a vzorku po sušení. [31]

7.1.2 Přístroje a materiály

Analyzátor vlhkosti s topným tělesem, destilovaná voda, vertikální stojánek s horizontálním závěsem s velikostí shodnou pro vzorek a upnutí pomocí klips, pinzeta, 400 ml kádinka, síťko standard $0,25 \times 0,25$ mesh, podložka pro umístění sítěky a vzorku, elektronicky monitorovaná pipeta, počítač se softwarem pro záznam dat, 10 vzorků 70 ± 1 mm (lze i menší) 8 vzorků na testování a 2 pro předběžné zkoušení všechny kruhového průměru. [31]

Aklimatizace vzorků podle normy ASTM D 1776 – položíme na hladký vodorovný povrch, při standardní vlhkosti prostředí. [31]

7.1.3 Použití a omezení

Sušení je ovlivněno vláknem, tkaninou (tloušťkou), chemické a mechanické zpracování. Další faktory ovlivňující sušení – teplota, vlhkost, množství kapaliny. Test může být proveden při různých teplotách nastavení vlhkosti analyzátoru – simulace teploty lidského těla (stav klidu, cvičení, při pobytu venku). Metoda, je založena na aplikaci kontrolovaného množství vody na zkušební vzorky, měření rychlosti sušení a výpočtu zadržované vlhkosti. [31].

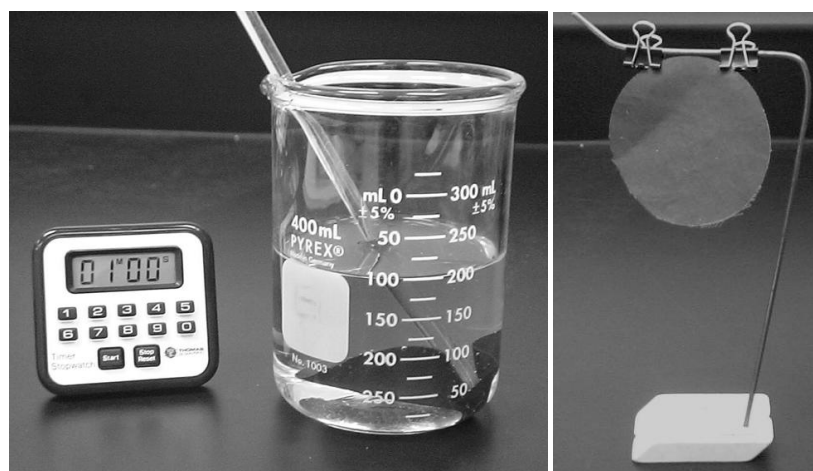
Použití je omezeno druhem materiálu a to tak, že zkoušený materiál musí mít alespoň jednu stranu savou a absorbovat vodu v rozmezí 30 ± 2 s. (viz AATCC 79, Sání textilií). [31]

Nevztahuje se to na materiály, které sají za delší časové rozmezí, nebo u tkanin, kde dochází k vysušení vody díky odpaření z povrchu, čímž dochází ke zkreslení výsledků. [31]

Jedou z možností, využití této metody je porovnat vlastnosti zadržené vlhkosti neupravené textilie a upravené, nebo textilních materiálů s nebo bez aditiv. Výsledky získané podle tohoto testu nejsou měřítkem komfortu, je to mimo rozsah této metody. Vztah mezi měřením schnutí a savostí nebyla definována. Ačkoliv se AATCC TM 79, používá k určení, která strana materiálu by se měla použít při testování, tento test neměří savost. [31]

7.1.4 Příprava

Zapněte analyzátor na 37°C a nechte jej zahřát po dobu 30min. Potom zvážíme původní hmotnost vzorku W1 a poté ponoříme do vody. Odstraníme pinzetou po 1min a zavěsíme do svislého stojanu. Po 5 min pomocí pinzety odstraníme, zvážíme (rovnice předpokládá hustotu vody 1g/ml při 25°C) a zaznamenáme. Rozdíl hmotnosti vztažený k hmotnosti před zavlhčením udává procentuální zavlhčení vzorku. Umístěte kapku vody na líc vzorku, popřípadě na rubní stranu, jestliže není rozdíl v savosti stran (použití AATCC TM 79). [31]



Obrázek 37: Vlhčení vzorku a upevnění na vertikální stojánek [31]

7.1.5 Postup

Otevřete komoru analyzátoru vlhkosti a umístěte do ní podložku se vzorkem, tak aby byla navrchu zkušební strana. Aplikujte pomocí elek. monitorované pipety, dané množstvím vody na povrch vzorku. Poté umístěte druhou síťku na horní stranu vzorku, a spusťte analyzátor se softwarem (je-li k dispozici). Analyzátor nebo software automaticky ukončí test, když je dosaženo zvoleného koncového bodu. Opakujte u všech vzorků. Zaznamenejte dobu schnutí na nejbližší minutu u každého vzorku..[31]

Výpočty a vyhodnocení – retenční vlhkost (%), průměrná sušící hmotnost, směrodatná odchylka, množství aplikované vody, teploty a koncové body (původní suchá hmotnost nebo jiná dohodnutá hodnota, hmotnost +4% vlhkosti) .[31]

V normě jsou uvedeny otestované textilie dle této normy, ale bohužel u nich není uvedena plošná hmotnost, ale pouze chemické složení a výsledná doba sušení. .[31]

7.2 JIS L 1096: 1999 – Drying speed

Norma používaná na Asijském kontinentu k vyhodnocení rychlosti schnutí.

7.2.1 Metoda A

U metody A se používá pro testování jednoduchý přístroj založený na měření hmotnosti vzorku během sušení. Vzorek o rozměrech 40 x 40 cm se zavěsí na jednoduchý aparát, který zaznamenává průběh sušení pomocí grafu. Měření probíhá při standardních podmínkách, přičemž není zajištěna konstantní rychlost proudění okolního vzduchu. Měření probíhá postupně na třech vzorcích. Na začátku jsou vzorky ponořeny do vody o teplotě 20 ± 2 °C a po určité době jsou vyndány a zavěšeny na měřicí aparát. Ve chvíli, kdy už se nemění hmotnost vzorku, je měření ukončeno. Následně se spočítá průměrná hodnota ze tří měření. [34]

7.2.2 Metoda B

Metoda B se liší od první metody především tvarem zkušebních vzorků (vzorky mají 202,5 cm²) a také zařízením pro odečítání hmotnosti. Vzorky jsou nejprve zváženy, následně ponořeny do vody o teplotě 20°C po dobu 3 nebo více hodin. Deset minut po vyndání z vodní lázně se vzorky zváží a následně se zjistí množství volné vlhkosti v textilií. Počítá se průměrná hodnota ze dvou vzorků. [34]

Vzorek se zavěsí do zkušebního zařízení, na kterém je upevněna váha. Váhy jsou schopny měřit s přesností 10 - 20 mg. Opět se sleduje postupný úbytek vlhkosti. Bohužel zde není blíže specifikován konečný bod měření. [34]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

8. Měřené vzorky

V této diplomové práci, bylo použito pět pletených materiálů, používaných k výrobě první oděvní vrstvy, o přibližně podobné plošné hmotnosti, vazby a materiálového složení.

Tato kapitola se zabývá materiály, charakterizuje je podle jejich složení, plošné hmotnosti, vazby a podle celkové hustoty pleteniny. Ta byla spočítána vynásobením počtu sloupků s počtem řádků na 1 cm. Podle zdroje [35] je tento vztah charakterizován takto:

$$H_c = H_s * H_{\check{r}} \quad [cm^2] \quad (18)$$

kde H_c je celková hustota pleteniny, H_s je hustota sloupku a $H_{\check{r}}$ udává hustotu řádku.

1. vzorek zelený

Materiálové složení: 100% PL

Plošná hmotnost: 165 g/m² ± 5%

Pletenina: zátažná jednolící

$H_c = 270/cm^2$



Obrázek 38: vzorek č.1 z lící a rubové strany

2. vzorek tmavě modrá

Materiálové složení: 90% PL 10% SPANDEX

Plošná hmotnost: $163 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Pletenina: zátažná jednolící

$H_c = 660/\text{cm}^2$



Obrázek 39: vzorek č.2 z lící a rubové strany

3. vzorek tmavě růžová

Materiálové složení: 100% CO

Plošná hmotnost: $165 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Pletenina: zátažná jednolící

$H_c = 576/\text{cm}^2$



Obrázek 40: vzorek č.3 z lící a rubové strany

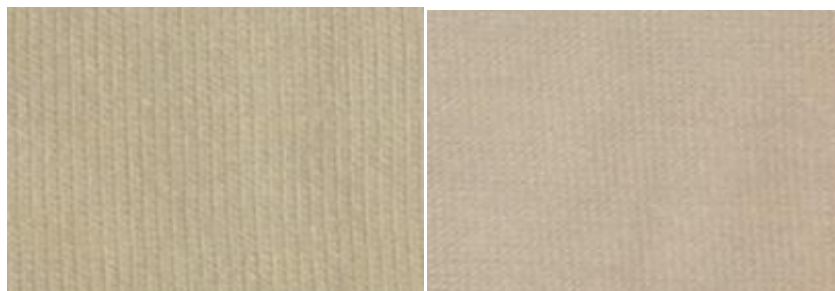
4. vzorek světle oranžová

Materiálové složení: 100% VI

Plošná hmotnost: $151 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Pletenina: zátažná jednolící

$H_c = 360/\text{cm}^2$



Obrázek 41: vzorek č.4 z lící a rubové strany

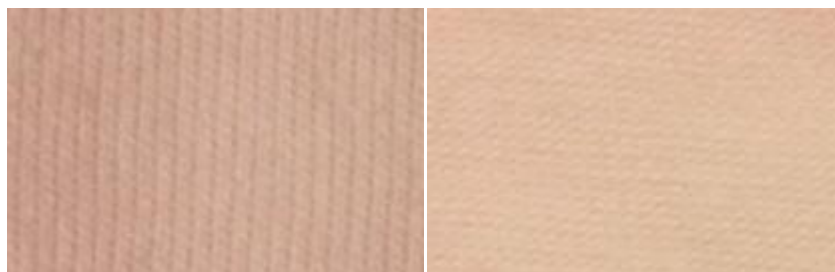
5. vzorek světle růžová

Materiálové složení: 92% CO 8% SPANDEX

Plošná hmotnost: $159 \text{ g/m}^2 \pm 5\%$

Pletenina: zátažná jednolící

$H_c = 330/\text{cm}^2$



Obrázek 42: vzorek č.5 z lící a rubové strany

Doplňující výpočty k provedeným měření: Interval spolehlivosti – **IS**, Směrodatná odchylka – σ , Variační koeficient – **CV**

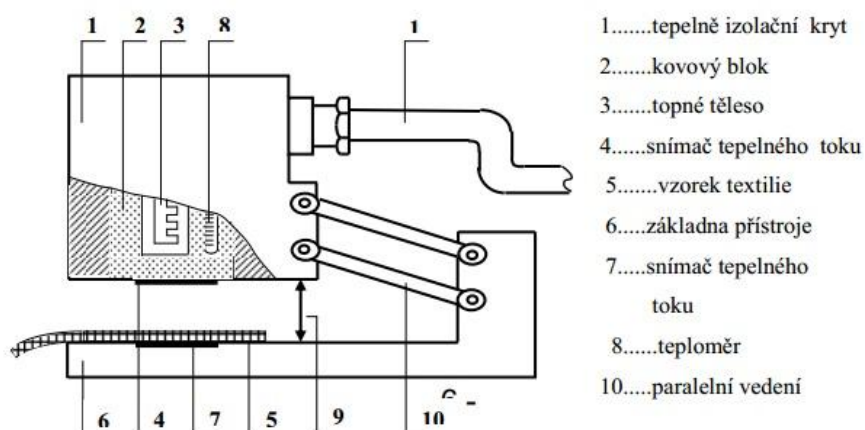
8.1 Měřicí přístroje a zařízení pro experiment

Kapitola popisuje přístroje, díky kterým se provádělo měření. Jejich stručná charakteristika a základní popisy měření. Měření je prováděno v souladu s normou ISO 11092:1993 Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou).

8.1.1 Alambeta

Přístroj byl vyroben pro měření termofyzikálních parametrů textilií, je to poloautomatický, počítačem řízený přístroj, zároveň je schopen měřit a vyhodnocovat statistické hodnoty naměřených údajů. Rovněž obsahuje autodiagnostický program, který zabraňuje chybným operacím přístroje. Stručné schéma je na obr. 33. [28]

Přístroj měří následující parametry: **Tloušťka materiálu h** [mm]; **Měrná tepelná vodivost λ** [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$], **Tepelný tok q** [W/m^2], **Tepelná jímavost b** [$\text{Wm}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$] a **Plošný odpor vedení tepla r** [W^{-1}Km^2] je to poměr tloušťky $= h$; čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor, hodnotu udávanou přístrojem ALAMBETA je nutné dělit 10^3 . [28]



Obrázek 43: Alambeta[28]

Princip první verze tohoto přístroje spočívá v aplikaci snímače tepelného toku 4 připevněného k povrchu kovového bloku 2 s konstantní teplotou, která se liší od teploty vzorku. Po zahájení měření měřicí hlavice 1 se zmiňovaným snímačem tepelného toku poklesne a dotkne se povrchu měřeného vzorku 5, který je umístěný na základně přístroje 6 pod měřicí hlavou. V tomto okamžiku se povrchová teplota vzorku náhle změní a počítač začne zaznamenávat průběh tepelného toku. Současně fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. Všechna data jsou zpracována počítačem podle původního programu, který zahrnuje matematický model charakterizující nestacionární teplotní pole v tenké desce vystavené různým okrajovým podmínkám. [28]

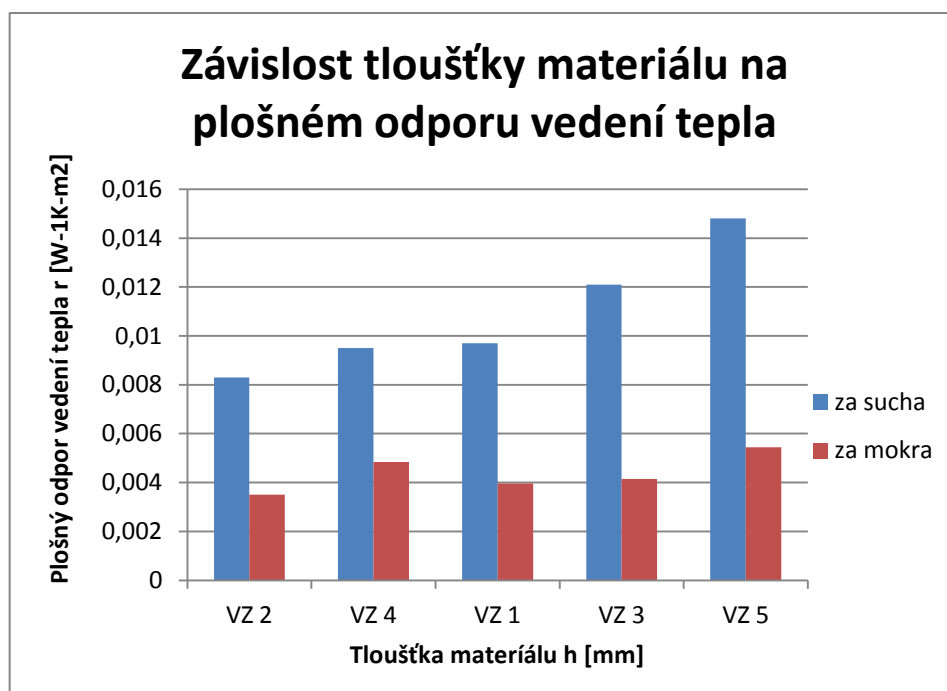
Tato metoda měření, je rychlá trvá méně než 5 minut a je nedestruktivní. Nejmenší možný měřený vzorek musí být o rozměrech 10cm x 10cm. Pro dosažení co nejpřesnějšího měření je nutné vkládat vzorky bez přehybů, zvlnění či nečistot. Měřená místa se musí rozmístit tak, aby nedocházelo k opětovnému měření zahřátých míst, nebo se musí vyčkat na úplné vychladnutí vzorku. Ovzduší pro klimatizování vzorků musí odpovídat normě ČSN EN 20139. Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií se řídí interní normou č. 23-303-01/01. [28]

Měření tepelného odporu

Experiment byl proveden na pěti pletených vzorcích odlišného materiálového složení, ale podobné plošné hmotnosti. Přítlak vyvíjený hlavici na Alambetě byl 200 Pa, tj. běžně vyvíjený tlak. Všechna naměřená data na Alambetě nalezneme v příloze.

Plošný odpor vedení tepla - r

Tepelný odpor je nepřímo úměrný hodnotě tepelné vodivosti. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Pro tuto veličinu, je charakteristické to, že má schopnost udržet si teplo, tím pádem tato schopnost záleží na použitém materiálu pro výrobu textilie a na tloušťce textilie.



Obrázek 43: Graf závislosti tloušťky materiálu na plošném odporu vedení tepla

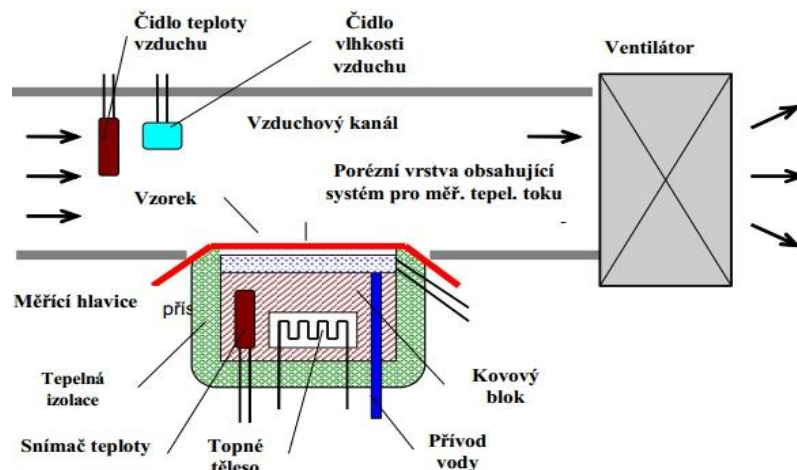
Většina materiálů obsahuje ve své struktuře vzduchové póry. Tyto póry jsou zaplněny vzduchem nebo vlhkostí. Za běžných podmínek materiál obsahuje jisté procento vlhkosti dle jejího chemického složení a okolních podmínek. Pokud do struktury materiálu vniká vlhkost a zaplňuje jeho pórový systém, hodnota součinitele tepelné vodivosti se mění. Obecně platí, že se vzrůstající vlhkostí materiálu klesá tepelný odpor.

Z grafu č. 40 lze vyčíst, že plošný odpor vedení tepla za sucha je ovlivněn tloušťkou materiálu. Jediný vzorek, který to vyvrací, je vzorek č. 4. Pravděpodobně je to dané tím, že má jiné finální úpravy než ostatní vzorky. Z grafu můžeme vidět, že výparný odpor za sucha je v rozmezí od 1,7 až 3,7 Pa.m².W⁻¹. Za mokra se výparný odpor pohybuje od 0,86 do 2,6 Pa.m².W⁻¹. Zde je patrné, že u mokrých vzorků neroste tepelný odpor materiálu s tloušťkou tak výrazně, jako je tomu u vzorků za sucha.

8.1.2 Permetest

Přístroj je svou podstatou výše popsáný tzv. SKIN MODEL malých rozměrů založený na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tohoto tepelného modelu Lidské pokožky.

Povrch modelu je porézní a je zavlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazování pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační folii měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována viz Obr. 44 [28]:



Obrázek 44: Permetest[28]

Přístroj měří: tepelný odpor, výparný odpor, a paroproustnost

Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice (skin model) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržován na teplotě okolního vzduchu (obvykle 20 – 23°C), který je do přístroje nasáván. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky měření.[28]

Při měření se pak vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Příslušný výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem a jeho hodnota, je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky q_0 a q_v . Při měření tepelného odporu textilního vzorku, je suchá měřicí hlavice udržována na teplotě o 10-20°C vyšší než je teplota okolního vzduchu.[28]

Tepelný tok odváděný ze vzorku konvekcí do okolního proudícího vzduchu, je opět registrován. Výhodou, je krátká doba měření a možnost provádět měření v jakýchkoliv běžných klimatických podmínkách.[28]

Výpočet výparného odporu definuje vztah:

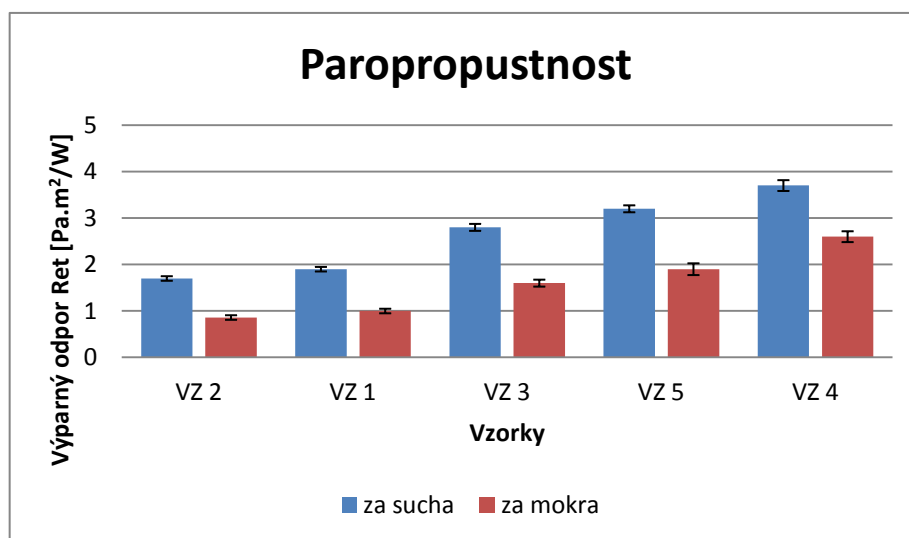
$$R_{et} = (pm - pa) * (qv^{-1} - qo^{-1}) \quad [m^2.Pa.W] \quad (19)$$

kde R_{et} je výparný odpor zkoušeného vzorku [$m^2.Pa/W$], pm – nasyceny parciální tlak vodní páry na povrchu měřící hlavice [Pa] a pa udává parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa].

Kalibrace přístroje se provádí pomocí tzv. referenční textilie, je to textilie z hydrofobní PP příze. Konstrukce textilie, dostava a plošná hmotnost jsou dány českou normou. Měření se provede s touto textilií a následně se zkalibruje. [28]

Měření výparného odporu

Všechna měření byla provedena v laboratoři za standardních podmínek $\phi = 41\%$ a $t = 23^\circ C$. Každý vzorek o rozměrech 20x20 cm byl 5x měřen na různých částech textilního vzorku a to jak za sucha tak za mokra (50% vlhkost). Měření vzorků s 50% vlhkostí, předcházelo namočení na 24 hodin do nádoby s vodou. Poté byly vysušeny na požadovanou hodnotu, což bylo v našem případě 50% vlhkost, pomocí tlaku a savého papíru. Naměřená data byla zaznamenána do tabulky pomocí programu Microsoft Excel a následně vyhodnocena. Z průměrů naměřených dat byly vyvozeny závěry.



Obrázek 45: Graf paropropustnost

Výparný odpor u měření simuluje reálné přenosové jevy při nošení oděvu, přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. Vyjadřuje energii, která je nutná k odpaření určitého množství vody při jasně specifikované teplotě a vlhkosti.

Na grafu vidíme vliv vlhkosti testovaných vzorků na výparný odpor. Čím nižší je hodnota výparného odporu, tím více je vzorek propustný pro vodní páry. V grafu č. 42 jsou vzorky seřazeny vzestupně dle výparného odporu. Všechny měřené vzorky mají výparný odpor pod $6 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Z toho vyplývá, že jejich paropropustnost je velmi dobrá. Nejmenší výparný odpor ($1,7 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$) má vzorek číslo 2 – zátažná jednolící pletenina ze: 90% PL 10% SPANDEX. A naopak nejhorší výparný odpor má vzorek číslo 4 – zátažná jednolící pletenina ze 100% VI ($3,7 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$).

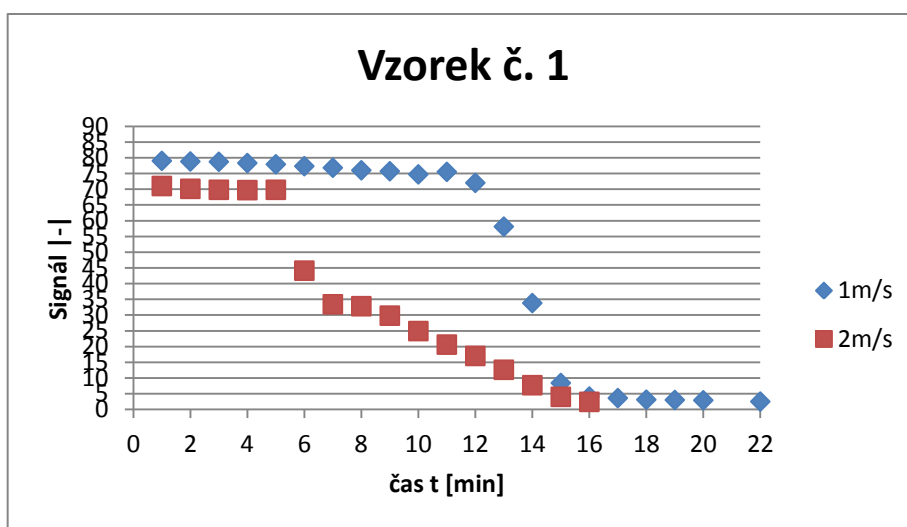
Stejný výsledek vidíme i při zavlhčení vzorků na 50% vlhkosti. Z grafu můžeme vidět, že výparný odpor za sucha je v rozmezí od 1,7 až $3,7 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Za mokra se výparný odpor pohybuje od 0,86 do $2,6 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. V obou případech se výparný odpor zvyšuje se vzrůstající tloušťkou materiálu.

Měření rychlosti odparu vlhkosti textilie

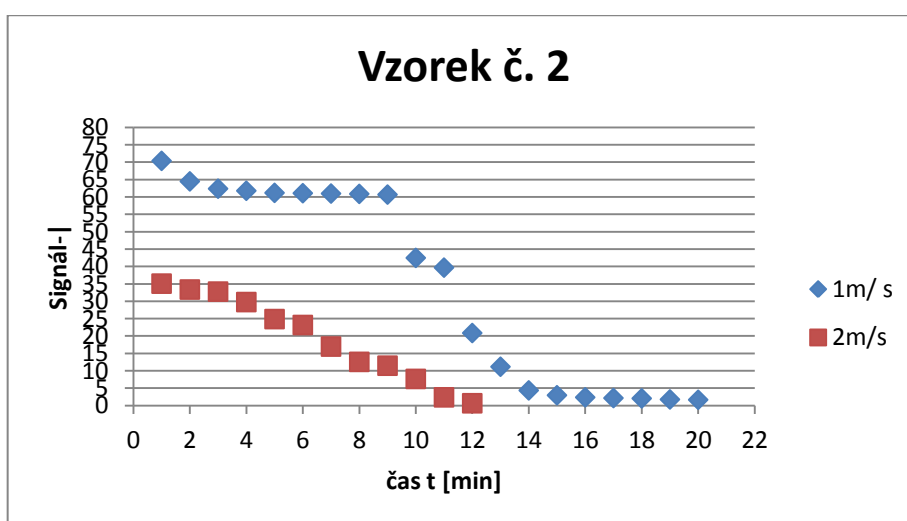
Tento způsob měření byl navržen na základě konzultací s panem prof. Hesem, pro diplomovou práci Ing. Karolíny Dědičové. Cílem bylo navrhnout novou metodu zkoušení měření rychlosti odvodu vlhkosti z textilie, která by byla současně efektivní.

Všechna měření byla provedena za standardních podmínek: $\phi = 41\%$ a $t = 23^\circ\text{C}$. Tento nový druh měření se provádí na přístroji Permetest. „Signál se může definovat jak součinitel odparu z povrchu textilie nebo také konstanta odparu.“ Měření bylo prováděno za izotermních podmínek. Spočívá v máčení textilií vybraných vzorků ve vodě a následném měření již zmiňovaného „signálu“. Vzorky byly před tímto měřením sestřiženy do tvaru kruhu o průměru 10 cm. Textilie se vyjme z vody a vysuší na požadovanou hodnotu, v tomto případě to bylo 50% zavlhčení textilie. Vzorek se vždy zváží, tím zjistíme, zdali je dosaženo 50% zavlhčení. [36]

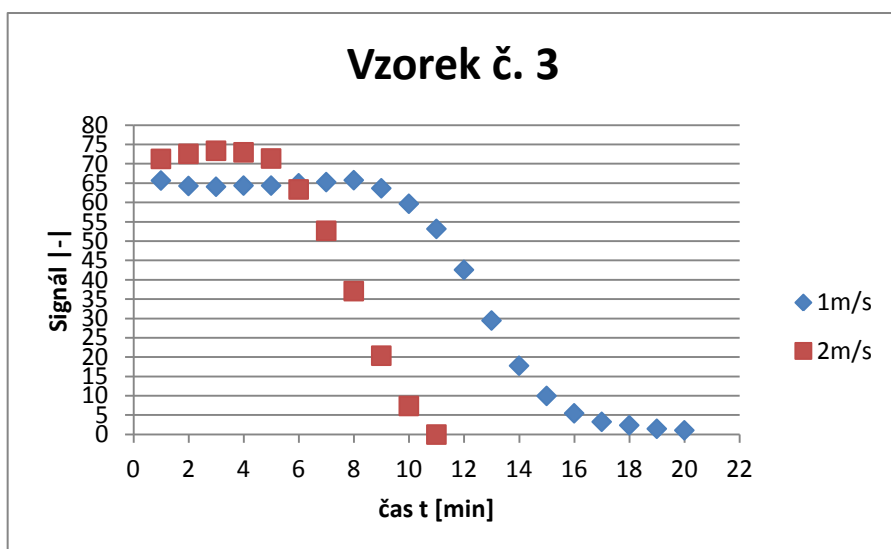
Po dosažení této hodnoty se vzorek v kraji upevní sekundovým lepidlem na eurofólii. Vše bylo navrženo tak, aby nedocházelo k úniku vlhkosti do okolí a byl naměřen „signál“ pouze z měřené plochy. Vzorek s eurofólií se vloží do Permetestu, kde se co nejrychleji ručně nastaví „signál“ na hodnotu 100 ± 2 a proudění vzduchu na $v_1 = 1 \text{ m/s}$. V tuto dobu se spouští měření času. „Signál“ zprvu kolísá nahoru a dolů, než se prostředí v přístroji ustálí. Klesání „signálu“ nenastává ihned po ustálení prostředí, ale nejdříve po 1 minutě měření (vztaženo na měřené textilie v tomto experimentu). A poté se měření opakuje při rychlosti $v_2 = 2 \text{ m/s}$. Tato metoda je výhodná zejména pro možnost nastavení rychlosti proudění vzduchu. Tím se zajistí stejné podmínky pro měření všech vzorků.



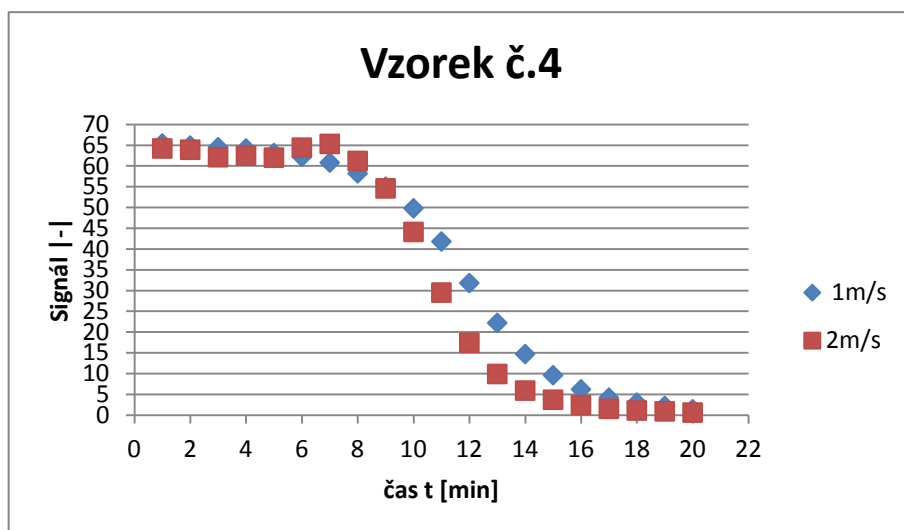
Obrázek 46: Graf měření signálu vzorek č. 1 100% PL



Obrázek 47: Graf měření signálu vzor č.2 90% PL a 10% SPANDEX

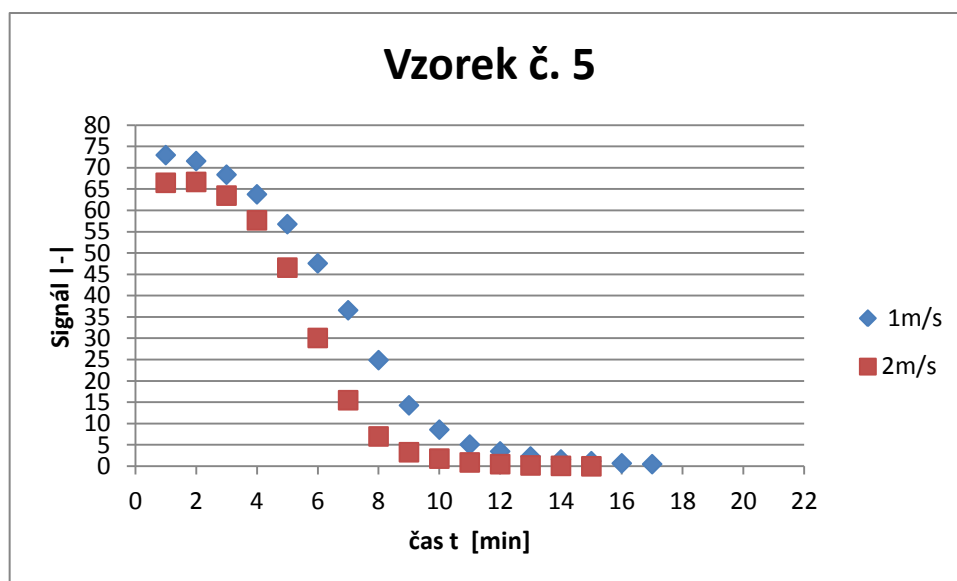


Obrázek 48: Graf měření signálu vzorek č.3 100% CO



Obrázek 49: Graf měření signálu vzorek č.4 100% VI

Hodnota „signálu“ nejprve kolísá. Vždy když měl „signál“ klesat, ještě předtím prudce vzrostl, a to až na hodnotu 79 a následně začal prudce klesat. Naměřené hodnoty se zaznamenávaly po 1 min.



Obrázek 50: Graf měření signálu vzorek č.5 92% CO a 8% SPANDEX

Při vyhodnocování musíme brát v úvahu, že na rychlý odvod a odpaření vlhkosti má vlivu materiálové složení, hmotnost či celkovou hustotu pleteniny. A také musíme brát v potaz rychlost proudění, které si nastavíme. U první oděvní vrstvy, vyrobených z funkčních vláken byla potvrzena domněnka o rychlejším odvodu vlhkosti z textilie, při vyšší rychlosti proudícího vzduchu - tj. 2 m/s než při rychlosti vzduchu 1 m/s. Vzorky č. 1 a 2 měly spád velice rychlý. U vzorku č. 1 při 2 m/s dochází na začátku měření k velkému spádu ze signálu 69,8 na 44,1. Vzorek č. 2, má spád vysoký už na začátku po 1 minutě měření. U vzorků č. 3, 4 a 5 jsou dobře znatelné rozdíly díky rychlosti proudění. Všechny vzorky byly u konce měření zcela suché a to znamená až do konečného bodu sušení.

V průběhu měření se došlo k závěru, že zkoumané vzorky musí být máčeny ve vodní lázni s přidanou „kapkou“ detergentu alespoň 24 hodin, jinak stále bude docházet k velkému kolísání „signálu“ začátku měření.

8.1.3 Vliv rychlosti odstřed'ování při praní na schnutí textilních materiálů

K tomuto experimentu byla použita pračka Miele Professional W 6071 s automatickým dávkovačem pro prádelny BSL BRIGHSTAR, která je na katedře hodnocení textilií a k vidění na obr.36

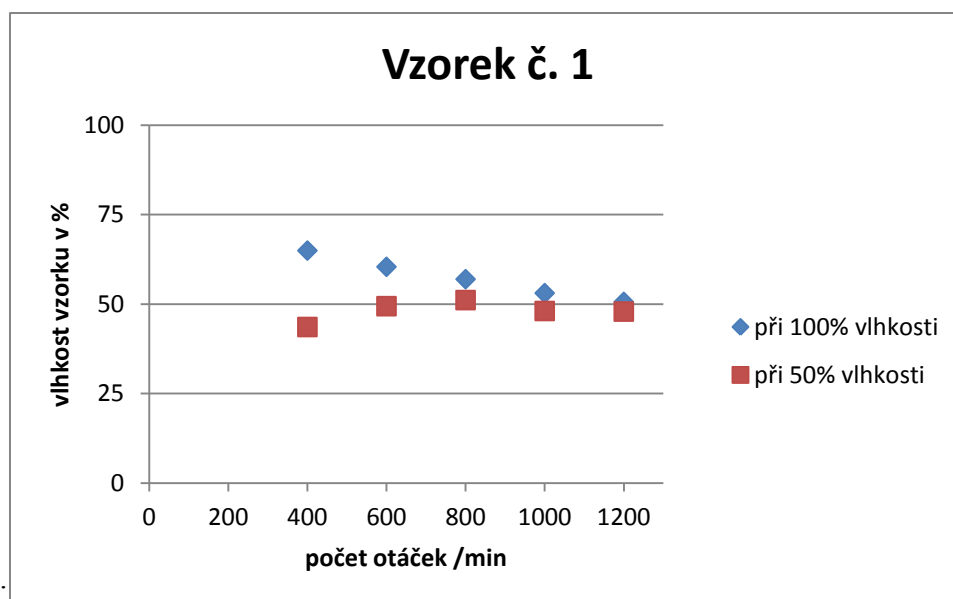
Pro experiment jsem zvolila program č. 9 Odstřed'ování. Testované vzorky materiálu, byly před samotným odstřed'ováním celé ponořeny 24hod v nádobě s vodou. Poté rozděleny na dvě skupiny jedna polovina byla vysušena pomocí tlaku a savého papíru na 50% vlhkost a druhá byla ponechána 100% vlhkost. U obou skupin vzorků probíhal experiment stejným způsobem. Doba odstřed'ování byla, vždy 10 min, měnila se pouze rychlost otáček za minutu. První bylo odstřed'ování na 1200 otáček pak následovalo 1000, 800, 600 a nakonec 400 otáček za minutu. Po každém odstředění se vzorky, zvažily na analytických vahách série AS RADWAG a hodnoty zapsaly do tabulky Microsoft Excel, následně vyhodnotily pomocí bodového grafu.



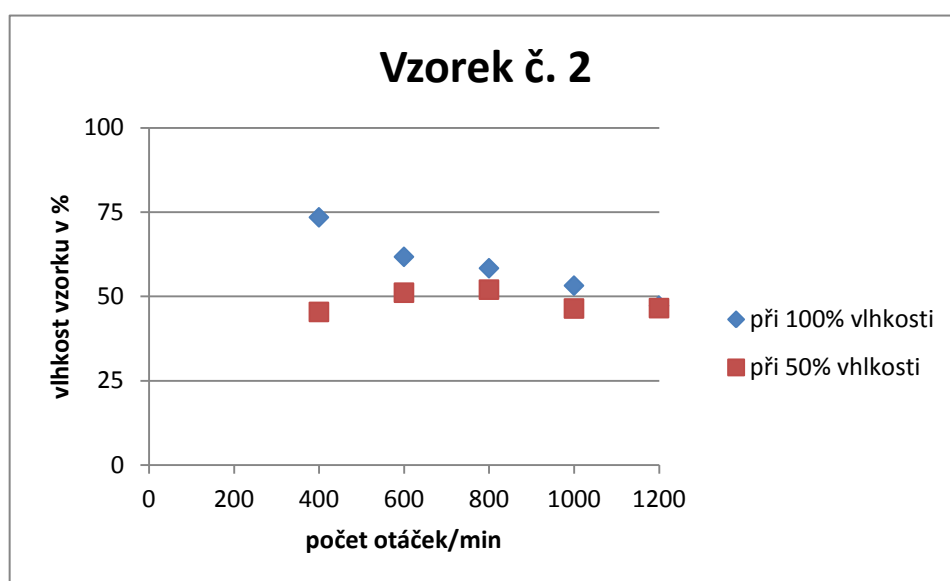
Obrázek 51: pračka Miele Professional W 6071 s automatickým dávkovačem pro prádelny BSL BRIGHTSTA[37]

Pro určení 50% vlhkosti ve vlákně, potřebujeme znát vzorec pro *Obsah vody ve vlákně*, kde r - relativní vlhkost vláken [%], m_k – hmotnost vláken klimatizovaných (zavlhčených) [g] a m_s – hmotnost vláken suchých [g]

$$r = \frac{m_k - m_s}{m_s} * 10^2 = \frac{m_{H_2O}}{m_s} * 10^2 \quad [\%] \quad (20)$$

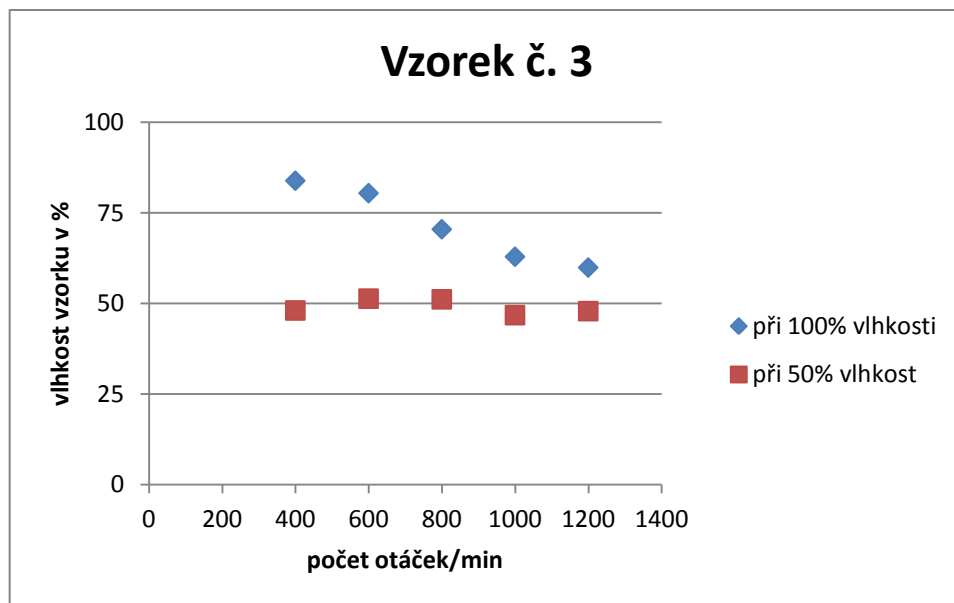


Obrázek 52: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorek č.1 100% PL

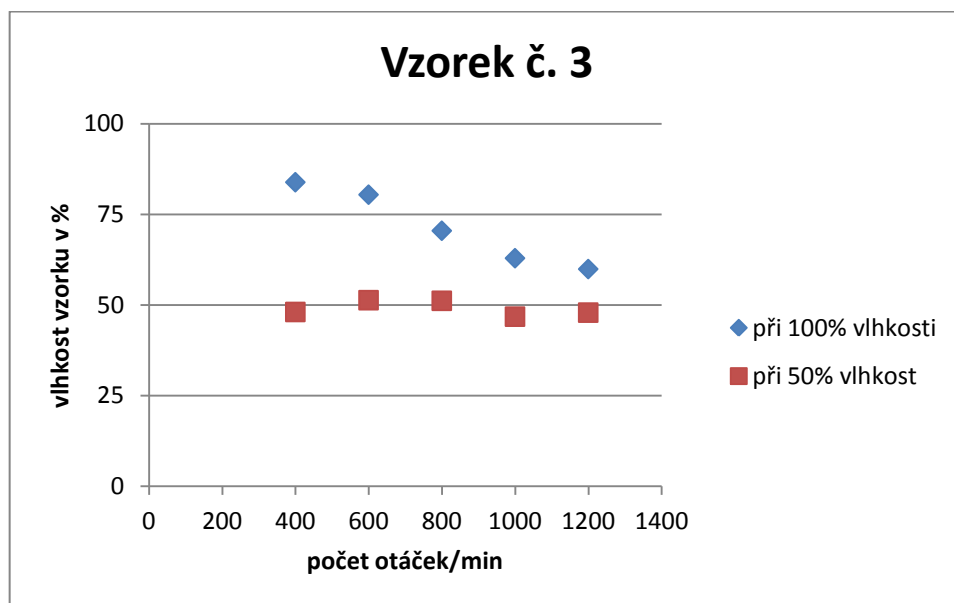


Obrázek 53: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorek č.2 90% PL a 10%

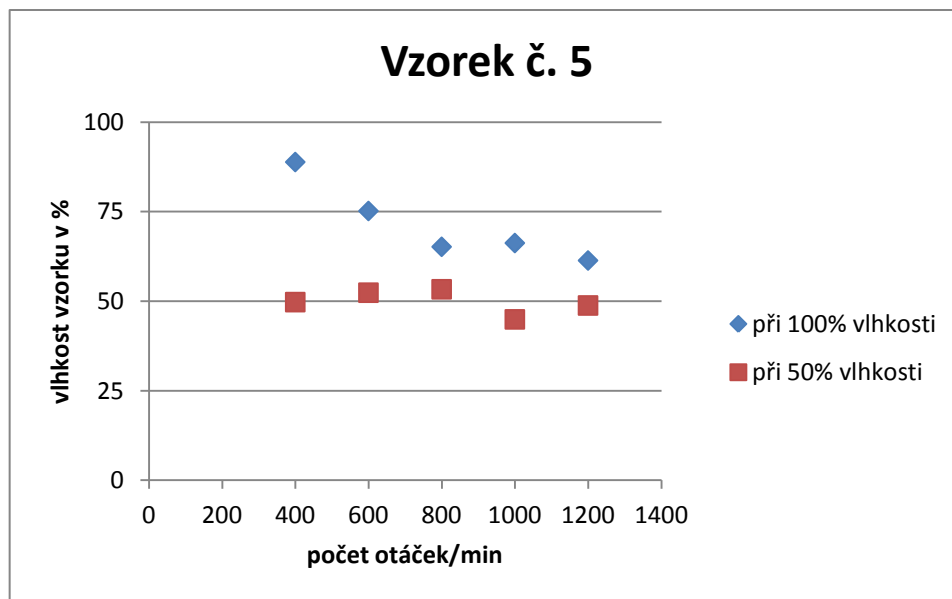
SAPINDEX



Obrázek 54: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorek č.3 100 CO



Obrázek 55: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorku č. 4 100% VI



Obrázek 56: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorku č. 5 92% CO a 8% SPANDEX

Z grafů vidíme, že předsušené textile s 50% vlhkostí mají nejvýraznější úbytek váhy při 400 otáček u vzorku č. 1 a 2 ze syntetických materiálů. Zato k nevýraznému úbytku váhy až pohlčení další vlhkosti nejčastěji dochází při rychlosti otáček 600 a 800. Čímž ale nedochází k odstranění vlhkosti a urychlení sušení. Další skupina vzorků č. 3, 4, a 5 z přírodních materiálů, ztratila nejvíce vlhkosti při 1000 otáček za minutu. To dokazuje, vliv materiálového složení na úbytek váhy při odstředování. Pro syntetické materiály nám stačí menší rychlost než u přírodních materiálů.

U 100% zavlhčených vzorků, je úbytek váhy se zvýšením otáček viditelnější. U vzorku č.1 (100% PL), je rozdíl v úbytku váhy v závislosti na vlhkost největší. Experiment tak dokazuje, že pro odstředování je lepší 100% vlhkost v textilních materiálech, aby došlo k viditelnému úbytku vlhkosti. A že zbytečné přidávání otáček nemá markantní vliv na odstranění vlhkosti a vysušení textilních materiálů. Při přidávání otáček spíš dojde ke zbytečnému mechanickému namáhání textile, což je nežádoucí.

8.1.4 Experiment s váhami AS RADWAG podle normy JIS L 1096: 1999 – Drying speed

Váhy série AS/C/2 reprezentují standardní úroveň analytických vah. Jsou vybaveny podsvíceným LCD displejem. Přesnost vážení je zajištěna automatickou vnitřní kalibrací, závislou na čase a teplotních změnách. Váhy série AS jsou nabízeny s těmito maximálními kapacitami vážení: 60, 220 a 310g při odečitelnosti 0,1mg. Procedury GLP sestávají z protokolu o kalibraci váhy, a tyto informace mají neměnný charakter. Přístup do vážní komory je přes posuvná dvířka a posuvný horní kryt. Váhy jsou standardně vybaveny komunikačním portem RS 232 a možností připojení přídavného displeje. Mají také funkci vážení zavěšeného břemene, jako alternativní řešení pro vážení břemen o větších rozměrech, nebo těch, která vytvářejí magnetické pole. Tato metoda je též používána při určování hustoty látek.[38]

K měření byla použita váha AS RADWAG viz. Obrázek 57 .



Obrázek 57: Váha AS RADWAG[38]

Experiment, je dělán podle čínské normy JIS L 1096: 1999 – Drying speed. Měřením zjistíme, zda je norma využitelná pro výrobce a firmy.

Pro testování se používá jednoduchý přístroj založený na měření hmotnosti vzorku během sušení. Vzorek o rozměrech 40 x 40 cm se zavěsí na jednoduchý aparát, který zaznamenává průběh sušení pomocí grafu. Měření probíhá při standardních podmínkách, přičemž není zajištěna konstantní rychlost proudění okolního vzduchu. Měření probíhá postupně na třech vzorcích. Na začátku jsou vzorky ponořeny do vody o teplotě 20 ± 2 °C a po určité době jsou vyndány a zavěšeny na měřicí aparát. Ve chvíli, kdy už se nemění hmotnost vzorku, je měření ukončeno. Následně se spočítá průměrná hodnota ze tří měření. [34]

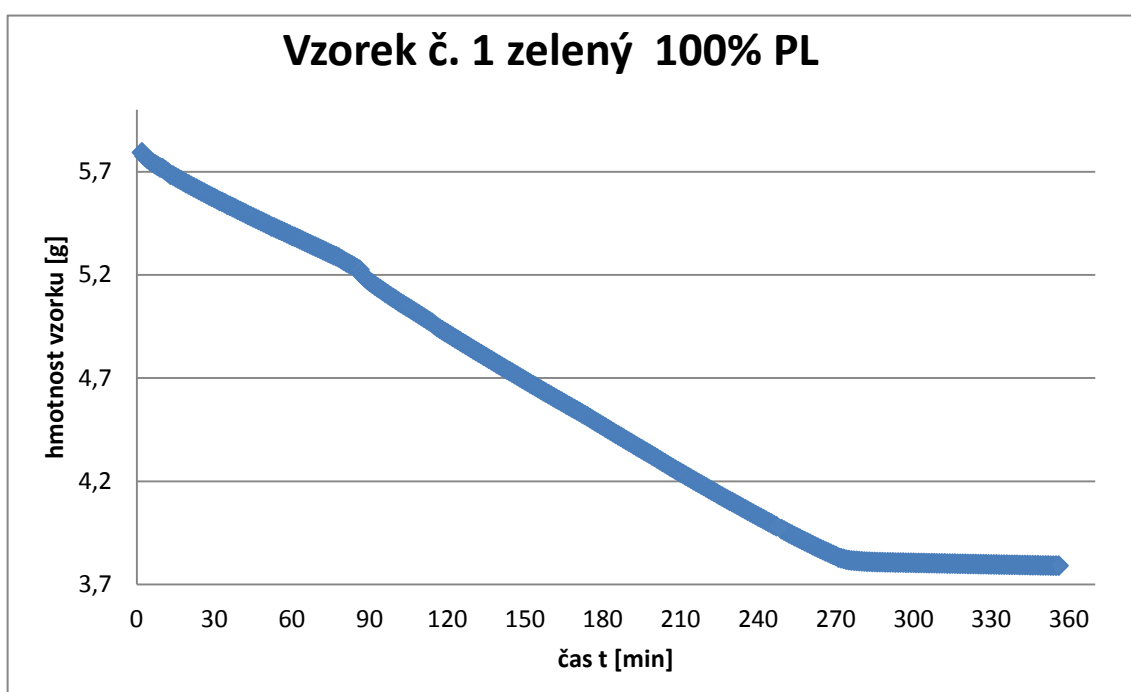
Všechny testované vzorky, byly sestřiženy na velikost 15x15cm pro lepší manipulaci při měření. Poté jsou namočený na 24 hodin v nádobě s vodou, aby se dostatečně navlhčily a dosáhlo se po vyjmutí a vysátí přebytké vody požadované 50% vlhkosti. Kovový stojánek, nám slouží pro upevnění vzorku a pomáhá testovanému materiálu rovnoměrně schnout. Stojánek zvážíme spolu se sponkami a zkalibrujeme váhy na 0. Na kovový stojánek, pomocí kancelářských sponek, upevníme za dva rohy vzorku, tak aby nedocházelo ke zkreslení naměřených dat. Stojánek se vzorkem s 50% vlhkostí vložíme na váhy.

Není zajištěna konstantní rychlost proudění okolního vzduchu, tak jako v normě JIS L 1096: 1999 – Drying speed. Po 2 minutách, je zapsán úbytek váhy testovaného vzorku. Měření probíhá až do koncového bodu, což je v mém případě původní suchá hmotnost.

Tato metoda, je velice zdoluhavá, a náročná pro jednoho pracovníka, který nemá k dispozici přístroj pro zapisování průběhu sušení po stanovené době. Vše je ovlivněno materiálovým složením, velikostí vzorku a množstvím vlhkosti. V mém případě trvalo měření 6 hodin.

Díky experimentu vidíme tři fáze sušení. V počáteční fázi se materiál ohřívá a díky konvekci se vypařuje z povrchu. Dochází tak k poklesu vlhkosti. Druhé fázi nastává tzv. období konstantní rychlosti sušení. Rychlost sušení zde závisí na teplotě, vlhkosti a hmotnostním průtoku vzduchu.

V poslední fázi klesá rychlost sušení, je to způsobeno tím, že přestane povrch materiálu pokrývat vrstva kapaliny. Materiál se začne ohřívat nad teplotu mokrého teploměru. A dochází ke zpomalení sdílení hmoty a většímu odporu proti difuzi par. V tomto bodě se teplota materiálu téměř vyrovná teplotě sušícího vzduchu a vlhkost materiálu je skoro rovna rovnovážné vlhkosti W_{WB} . Děj sdílení tepla a hmoty se zastavuje, protože nelze materiál v daných podmínkách okolního prostředí více vysušit. Teoreticky můžeme říci, že by dosažení rovnováhy trvalo nekonečně dlouhou dobu.



Obrázek 58: Graf úbytek váhy v závislosti na čase a proudění vzduchu

8.2 Porovnání metod

Porovnána bude metoda měření na přístroji Permetest a analytických vahách AS RADWAG. A to z hlediska testování rychlosti sušení textilních materiálů a využití pro výrobu.

Mezi výhody měření na Permetestu patří nedestruktivní a krátký způsob měření a to za jakýchkoliv běžných podmínek.

Dále malé rozměry přístroje a tím i snadná manipulace na jiné místo. A jako hlavní výhoda pro testování rychlosti sušení je možnost nastavení rychlosti proudění vzduchu při měření a to na 1m/s a nebo 2m/s. Což je velice důležitý parametr pro testování schnutí, který nám tak umožňuje vždy měřit za stálých podmínek.

Mezi nevýhody bych zařadila rychlé kolísání na začátku měření, které lze, jak už jsem napsala dříve, odstranit přidáním detergentu do smáčecí lázně. Další nevýhody nebyly zjištěny.

Výhodou měření na analytických vahách je možnost pozorovat, během testování, tři fáze sušení. Další výhodou jsou rozměry váhy, která se tak snadno přenáší, ale jenom v krajní situaci, jinak by mohlo dojít ke zkreslení výsledků měření.

Nevýhodou je dlouhá doba měření, která je ovlivněna měřeným materiálem jeho chemickým složením a množstvím vlhkosti ve zkoušeném vzorku. Dále to, že se testovaný vzorek musí nastříhat, aby se s ním snadněji manipulovalo, čímž dojde samozřejmě k destrukci. Jako největší nevýhoda je neschopnost zajistit stálé klimatické podmínky a rychlost proudění vzduchu kolem měřeného vzorku. Což zkresluje průběh měření, rychlost schnutí a tím konečné výsledky.

Z toho vyplývá, že pro testování rychlosti schnutí je nejvýhodnější Permetest. Měření je na něm rychlé a zajišťuje stálé podmínky měření a rychlost proudění vzduchu kolem testovaného textilního vzorku.

9. Zahraniční studie a články

Lyons a Vollers [39] analyzovali procesy schnutí textilií. Přišli na to, že má tři rozdílné úrovně, v první úrovni mokré textilie přizpůsobí své tepelné a vlhkostní toky obklopujícímu prostředí. Druhá úroveň je „konstantní vysychající stupeň“, ve kterém stupeň schnutí zůstává konstantní jako stupeň tepelného přenosu a odpařování dosáhne rovnováhy. Kapalná vlhkost se pohybuje v textilií k udržení nasycených podmínek na povrchu. Třetí úroveň je „klesající schnoucí stupeň“ v průběhu kterého vlhkostní tok na povrchu je nedostatečný k udržení nasycení. Vlákná začnou desorbovat vlhkost dokud se nedosáhne rovnováhy mezi textilií a prostředím

Odvod vlhkosti označuje spontánní tok kapaliny v porézní látce vedený kapilárními silami, proto navrhl známý **Lucas-Washburn**[40] kinetickou rovnici k popisu vztahu mezi délkou odvodu a časem odvodu. **Rita**[41] **Erik**[42] **Weiyuan**[43] a **Ramachandran et al.**[44] zkoumali smáčecí a odváděcí chování textilií. Odvod probíhá pouze ve vlhké textilií nebo tkanině, která přišla do styku s vodou a kontaktní úhel určuje její chování při odvodu. **Hartzell** [45] **Hsieh** [46] **Navaneethaand Selvarajan**[47] a **Van Der Meeren et al.** [48] zkoumali metody pro zlepšení smáčivosti bavlněné tkaniny. Nicméně v materiálech na bázi přírodních vláken smáčení způsobí v textilií bobtnání změnou pozice kapilárního prostoru a má vliv na schopnost odvodu. Výzkum byl proveden za použití různých vláken kombinace polypropylénových nebo polyesterových vláken a dalších hydrofilních vláken s různými pletenými strukturami.

C.Prahsarn, R.L.Barker a B.S. Gupta

Testovací metoda, která měří mikroklima schnutí. Používá se pro porovnání schopnosti různě pletených materiálů rozptýlit vlhkost ve formě páry z nasyceného oděvního prostředí do okolní atmosféry. Výsledky podle této nové metody jsou stejné ve srovnání s těmi od běžných zkušebních metod. V tomto výzkumu bylo použito 14 pletených materiálů. Výzkum byl zaměřen na různé typy polyesterových textilií, lišící se pouze vazbou, typem příze, tvarem průřezu. Tyto materiály nám umožnili zkoumat účinky tloušťky, hustoty, pórovitost, a průřezu na transportní vlastnosti páry.

Byly použity tři různé zkušební metody: Dvě z nich jsou dobře známé techniky: cup method (upravené ASTM E96) a potíci se vyhřívaná deska. [49]

V Cup method se rychlost přenosu vodních par (MVTR) měří standardním testovacím postupem při okolních podmínkách 21°C a 65% relativní vlhkosti. Hodnota se měří spuštěním testu na 24 hodin. Všechny vzorky byly před zkoušením klimatizované (21°C, 65% relativní vlhkosti) po dobu 24 hodin, byla k tomu použita utěsněná odpařovací miska obsahující 50 ml vody. Množství vlhkosti unikající páry z misky bylo stanoveno pomocí výpočtu hodnoty MVTR v g/m²/24 hodin. [49]

Pro určení výparného odporu (Ret) materiálu jsme použili vyhřívanou desku v klimatické komoře, kde je stabilní vlhkost a teplota (21°C, 65% relativní vlhkosti) s rychlosti proudění vzduchu 20 cm / sekundu. [49]

Vzpřímená metoda je izotermická zkouška ovládaná mechanickým rozšiřováním vlhkosti par, kde je koncentrační gradient mezi nasyceným vzduchem (21°C, 100% RH) na jedné straně a okolní atmosféře (21°C, 65% relativní vlhkosti) na straně druhé. Koncentrace vodní páry zůstává konstantní na každé straně. MVT je měřena jako rovnovážný parametr a tloušťka tkaniny by měla sloužit jako hlavní parametr upravující hodnotu. [49]

Monitorovaná vyhřívaná deska udává hodnotu Ret. Pracuje na podobném principu kromě toho, že test není izotermický, tj. teplota z vodních par je další parametr. V tomto případě, jsou stále podmínky zachovány na obou stranách 35°C a 100% relativní vlhkosti na potíci se straně pokožky a 32°C a 65% relativní vlhkosti v okolí. [49]

Ukázalo se, že vlhkost paropropustnosti prostřednictvím velmi otevřených pletenin je převážně ovlivněna vláknem, přízí, tkaninou a proměnnými, které určují tloušťku a paropropustnost. Použitím různých laboratorních zkušebních metod charakterizujeme chování, které nám poskytuje jedinečný vhled do fáze mechanismů par při přenosu. [49]

Přímá metoda pro měření vlhkosti (rychlost, transport) a potíci se topná deska, která měří výparný tepelný odpor a poskytuje v ustáleném stavu množství přenášených par přes vzorky. [49]

Obě metody, jsou závislé především na tloušťce materiálu. Účinek tloušťky je pochopitelný, protože upravuje veličiny gradientu a měla by být hlavní hnací silou při těchto metodách. Na druhé straně, dynamicky topná deska má složitější proces. V této metodě také není konstantní gradient vlhkosti a teploty, oba parametry klesají s časem, tj. systém není ustálený. [49]

Struktura tkaniny ovlivňuje chování, označující v tomto výzkumu propustnost. Kromě ustálených metod a dynamických zkoušek jsou nutné pro výzkum komfortu ve světě také studium mikroklimatu a vlhkosti při vnímání komfortu lidským organismem. [49]

Raechel M. Laing, Cheryl A. Wilson, Shani E. Gore and Debra J. Carr

Cílem této práce bylo zjistit dobu schnutí řady tkanin simulujících chování během nošení a zároveň vytvořit: (1) Laboratorní metodu smáčení vzorků, která by byla použitelná pro širokou škálu oděvních textilií a velké množství vzorků, a (2) metodu pro stanovení doby sušení, včetně určení koncového bodu "suchosti". Měření vzorků probíhalo na sušící lince a pomocí skin-modelu. [50]

Pro svůj experiment vybrala autorka 17 textilií, různého chemického složení (vlna, bavlna a polyester), různé struktury (netkané textilie, tkaniny a úplety) a s různou plošnou hmotností. Všechny vzorky byly klimatizovány dle normy BS EN ISO 139:2005 při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 65%. Jako referenční textilie byla zvolena 100% bavlněná tkanina s tloušťkou 0,82 mm a plošnou hmotností 316 g.m⁻². Během testování byl po každých třech vzorcích měřen tzv. suchý tepelný odpor 4 vrstev referenční textilie, který by měl mít hodnotu 0,08 ±10% m².Pa.W⁻¹. U lehčích typů tkanin byla doba sušení kratší u první metody, u tkanin těžších tomu bylo naopak. [50]

Dle provedených testů autorka uvádí, že doba sušení pozitivně korelovala s tloušťkou tkaniny i s hmotností vody zadržené v látce po smáčení. [50]

Koncový bod doby sušení (v minutách) byl stanoven na dobu, kdy vyhřívaná deska dosáhla rovnováhy (tj. 35 ±0,1°C), která nesměla kolísat více než ±3% během čtyř půl hodinových intervalů. V práci jsou měřeny samostatné textilie a i vícevrstvé. [50]

Vlhčení vzorků probíhalo jednak v domácí pračce při různých pracích cyklech a také v průmyslovém zařízení Elektrolux Wascator. Rozdíly v množství vlhkosti, která zůstala v textiliích po praní, nebyly významné (zpravidla byla variabilita menší než 10%). Přírůstek vlhkosti v textiliích byl okolo 77%. [50]

První metoda spočívá v umístění vzorku na váhy METTLER TOLEDO AT 400 opatřené krytem, aby se zabránilo proudění, jak je patrné na obrázku 2. Metoda spočívá v umístění vlhčeného vzorku lící stranou nahoru v pravém úhlu k proudění vzduchu v celé ploše ($1 \pm 0,05 \text{ m.s}^{-1}$) na vyhřívanou desku zařízení, které se používá pro určení tepelného odporu. (norma ISO 11092). [50]

Přímé srovnání schnutí, pro stejné látky, těchto dvou metod není možné provést, protože exempláře se liší rozměry (tj. řádek sušení 100 mm × 100 mm, a u skin modelu 480 mm průměr) a metoda se sama o sobě liší (zadní část vzorku vystavena na $20 \pm 2 \text{ ° C}$ a $65 \pm 4\%$ relativní vlhkosti vzduchu, u skin modelu na zadní straně tkaniny přilehlé k desce zahřáté na $35 \pm 0,1 \text{ ° C}$, 'teplotu kůže'), které ovlivňují hlavní režim sušení. Nicméně je třeba poznamenat, že doba pro sušení byla obvykle kratší než u skin modelu. [50]

Dalším zajímavým poznatkem v práci je testování více vrstev kombinací stejných nebo rozdílných textilií na sobě. U některých typů tkanin dochází k lineárnímu nárůstu doby sušení se zvyšujícím množstvím vrstev, ale u kombinací různých vrstev tomu tak není. Autorka však dále nevysvětluje, čím je to způsobeno. Dle mého názoru však hrají velkou roli pro dobu schnutí podmínky měření, kdy například u metody první není zajištěna konstantní rychlost proudění. [50]

Autorka dále uvádí, že během nošení je sušení oděvu ovlivněno celou řadou dalších parametrů (například dalšími oděvními vrstvami, které má uživatel na sobě). [50]

Přesto je přesvědčena, že právě metoda s vyhřívanou deskou může vyhovovat jednak možnostem sušení jednoduchých vrstev, tak i vícevrstevných textilií. Metody vyvinuté v této práci jsou vhodné pro širokou škálu struktur oděvních textilií (tkanin, pletenin či netkaných textilií) a to buď jako jednoduché nebo vícevrstvé textilie. Autorka doporučuje přijetí těchto metod pro klasifikaci tkanin podle doby sušení a dále pak přijetí jeho definice konečné doby sušení. [50]

Meltem Yanilmaz and Fatma Kalaoglu

V této studii bylo cílem prozkoumat vztah mezi různými pletenými strukturami a některými termofyziologickými parametry (smáčení, odvod vlhkosti a sušící vlastnosti). Testování probíhalo na jedolíných pleteninách (1/1 žebro, 2/2 žebra a pletené textilie vyrobené z akrylových přízí) o různé pevnosti. Byla testována experimentální sací výška, váha a stykový úhel.[51]

Některé parametry související s komfortem byly korelovány jako strukturní parametry tkaniny (faktor těsnosti, tloušťka, pórovitost, délka smyček a velikost pórů aj.). Ze statistické analýzy výsledků vyplývá, že vliv pletené struktury je významný pro sací výšku, váhu a hodnotu kontaktního úhlu. [51]

Sací výška se zvyšuje v závislosti na pletené struktuře a to single jersey, 1/ 1 žebro a 2/2 žebra, resp. více otevřené pleteniny mají delší smyčky s vyššími hodnotami pórovitosti a větší velikostí pórů v pletené struktuře. Volnější struktury 2/ 2 žebro, 1/ 1 žebro, single jersey úplety mají vyšší savost ve srovnání s těsnými strukturami. Všechny těsné pletené struktury mají vyšší kontaktní úhel než jejich otevřenější podoby, kvůli kompaktnosti povrchu. [51]

Před měřením a zkouškami byly vzorky stabilizovány ve standardních atmosférických podmínkách (20,2° C, 65,5% relativní vlhkosti vzduchu) po dobu dvou dnů. Vzorky byly nařezány podélně (200 mm/25 mm) a zavěšeny v nádrži destilované vody tak, aby spodní konce vzorků byly ponořeny vertikálně v hloubce asi 3 cm do vody. Sací výška byla měřena a zaznamenávána každou minutu po dobu 10 min pro hodnocení sací schopnosti. [51]

Vzorky byly nařezány na 7,45 cm průměr kruhu. Suché vzorky byly umístěny na mokré vzorky a byly zváženy každých 5 min. až do 30 min. Vlhké vzorky byly zváženy před každým testem. Sušící schopnosti byly hodnoceny na základě výpočtu odpařující se vody, jak bylo uvedeno ve studii Fanguero. [51]

Autoři této práce vyvinuli vhodnou metodu měření pro různé struktury textilních materiálů, což umožňuje blízkou aproximaci uspořádání v provozu. [51]

Doporučujeme přijetí těchto metod pro ohodnocení tkanin doby schnutí a dále přijetí následující definice "suché" jako[51]:

- když je hmotnost vzorku $\leq 2,0\%$ hmotnosti suché tkaniny (na základě rozdílů výsledků různých materiálů a skutečností, že $0,5\%$ rozdílu hmotnosti nebyl dosažen všemi tkaninami) [51]
- při návratu do rovnovážného stavu vyhřívané desky (simulace doby sušení na kůži na základě ukončení chladicího účinku mokré tkaniny). Obě definice nevylučují potřebu vnímání hodnocení účastníka a jsou proto rychlé[51]

Ze statistické analýzy výsledků vyplývá, že existuje inverzní korelace mezi velikostí pórů a sací výškou. Otevřenější struktury 2/2 žebra, 1/1 žebra, a single jersey mají vyšší poměr přenosu odvodu ve srovnání s jejich těsnější podobou. Všechny těsné pletené struktury mají vyšší kontaktní úhel než jejich otevřenější formy v důsledku vyšší kompaktnosti povrchu. Výsledky testů bylo zjištěno, že parametry pohodlí jsou značně ovlivněny pletenou strukturou. [51]

Fangueiro, filguerias, Soutinho, Xie meidi

Transport vlhkosti a sušení jsou dva důležité faktory, které ovlivňují fyziologické pohodlí sportovních oděvů. V této studii byly testovány pletené textilie vyrobené z funkčních vláken z hlediska jejich nasákavosti a sušení. Pokovená pletenina vyrobená z polypropylenových nebo polyesterových vláken na lící straně, zatímco funkční syntetická nebo umělá vlákna se použily jako zadní strana pleteniny. [52]

Dvě hlavní metody hodnocení kapalného přenosového chování textilních materiálů prostřednictvím vertikálního a horizontálního vzlínání. Při výzkumu byla použita vlákna pro funkční pleteniny, včetně polyesterové (PL), polypropylenu (PP), polyamid (PA), elastan (EL), polyester Coolmax® (CL), Dry-release® (DR) a viskóza Outlast® (VO) Dry-release®. Schopnost schnout byla hodnocena sušením za dvou různých podmínek, a to při teplotě $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a $65 \pm 3\%$ relativní vlhkosti vzduchu a v peci při teplotě $33 \pm 2^\circ\text{C}$, aby se simulovala teplota lidského těla. [52]

Bylo analyzováno chování různých pokovených pletenin tzv. funkčních pletenin při sušení. Odvod vlhkosti je dán hlavně velikostí pórů a cest v nich, jakož i povrchovým napětím. Schopnost uschnout se vztahuje k makromolekulární struktuře vláken. [52]

Viskóza Outlast® ukazuje nejlepší odvod jak v horizontálním tak i vertikálním odvodu, ale jeho sušící schopnost je nízká. Bylo použito pět vzorků o délce 200 mm × 25 mm. Vzorek byl testován vertikálně s dolním koncem ponořeným 30 mm do zásobníku destilované vody. Nasákavost vody do vzorku byla změřena každou minut po dobu 10 minut. [52]

Horizontální testování rychlosti navlhavosti při $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a $65 \pm 2\%$ relativní vlhkosti vzduchu. Vzorek o 200 mm × 200 mm se umístí vodorovně, kápne se na něj kapka vody. Voda je přiváděna kontinuálně z nádrže, která je stále na elektronické váze a umožňuje tak zaznamenat hmotnost absorbované vody do tkaniny. [52]

Vzhledem k tomu, že hmotnost absorbovaného vzorku se týká jeho tloušťky, proto se absorpce vody na jednotku tloušťky použije pro vyhodnocení horizontálního odvodu. [52]

Testování schnutí je vyhodnoceno pomocí rychlosti schnutí tkaniny. Vzorek je 200 mm × 200 mm² je položen na desku a váha zaznamenaná suchou hmotností. Voda nasáklá do tkaniny odpovídá 30% suché hmotnosti vzorku před zkouškou. Zaznamenaná hmotnost se v pravidelných intervalech pozoruje. Spočítaná "Water Rate" (WER) podle rovnice vyjadřující změnu hmotnosti vody v průběhu času je zaznamenaná v odpařovací křivce od 100 % do 0 %. [52]

Při první zkušební teplotě bylo množství vody w_i měřeno každých 5 min. nepřetržitě 60 min. Při druhé zkušební teplotě byla hmotnost vody w_i zaznamenávána neustále každé 2 min. po dobu 12 min. Průchod vlhka a rychlost schnutí textilií je závislá především na kapilárních schopnostech a savosti jejich vláken. Tyto vlastnosti jsou důležité zejména u sportovního oděvu, které jsou v přímém kontaktu s kůží. [52]

Za tohoto použití jsou textilie schopné absorbovat velké množství potu a udržet tělo v suchu. Za účelem optimalizace těchto funkcí ve sportovním oblečení je nutné, aby funkční pleteniny rychle odváděly pot a schly. [52]

Reto Niedermann, René Michel Rossi

Cílem současné studie bylo prozkoumat, zda lidské subjekty mohou rozlišit pět různých stavů schnutí u tří různých tkanin. Bylo definováno pět časových úseků (suchého stavu) pro každou tkaninu pomocí infračerveného testu a gravimetrického testu. Tento test zaznamenává teplotu povrchu vlhčených textilií infračervenou kamerou během procesu sušení. Kromě toho byla zaznamenána váha během průběhu sušení. Subjekty hodnotily v dotazníku komfort (tepelný pocit, tepelné pohodlí, vnímání vlhkosti) různě zavlhčené tkaniny. Lidský subjekt nedokáže rozlišit množství vlhkosti v textilií. Pouze poslední sušící stav (100% suchost, měřeno na infračerveném testu) byl odlišný od ostatních čtyř. Výsledky sušení textilie měřené gravimetrickou metodou nesouhlasí s výsledky sušení infračervenou metodou nebo s vnímáním lidského subjektu. [53]

Test IR je objektivní metoda vyvinutá k posouzení procesu sušení na základě měření teplotního průběhu mokré textilie infračervenou kamerou. Princip měření spočívá v máčení tkaniny na jedné straně s definovaným množstvím vody, tj. 20ml. Mokrý strana je pak okamžitě pokryta fólií, nepropustnou pro vodní páru, čímž se voda odpaří přes vzorek. Systém byl umístěn na křemíkovou mřížku s otevřeným vzduchovým kanálem pod mřížkou, kde lze měnit rychlost proudění vzduchu. Vlhkost se odpařuje postupně dokud není vzorek suchý. S tímto nastavením se snažíme simulovat vlhnutí textilie z kůže a odpaření na vnější straně. [53]

Infračervená kamera (termovize A40 M, FLIR Systems, Frankfurt nad Mohanem, Německo, měří přesnost absolutní a relativní teploty) zaznamenává vyzařování infračerveného záření vysílané z tkaniny přes plastové fólie. Emisivita byla nastavena na 0,95 na kameře, která je odlišná od typické emisivity tkaniny (0.90 do 0.98). Celý systém byl umístěn v klimatizované komoře s řízenou teplotou 26,5°C, 50,1% relativní vlhkosti vzduchu a rychlost větru cirkulující z komory méně než 0,3- 0,1 m/s -1. [53]

Toto klima bylo zvoleno stejné jako u testování lidským subjektem. Byly provedeny tři měření pro každou tkaninu a vypočítán jejich průměr. [53]

Teplota ukazuje vždy dvě hodnoty, kdy je látka plně mokrá a kdy zcela suchá. Pro tuto studii autoři vybrali dvě textilie: PL (polyester), CO (bavlna) s různými povrchovými vlastnostmi a chováním při sušení, ale s podobně pletenou strukturou. [53]

Subjektivního hodnocení s určením tepla se zúčastnilo 12 účastníků. 12 mužů, (střední postavy, věk: 27,5 let, výška: 1,81 m, hmotnost: 72,6 kg, tělesného tuku: 13,4 - 3,5%). Subjekti potvrdili, že jsou zdraví, nekuřáci, bez kožních nebo metabolických chorob. [53]

Termoreceptory v kůži nejsou dostatečně přesné, aby zjistili, zda je voda distribuována jako malé kapky na tkaninách nebo ve velké jedné oblasti. V našem experimentu bylo použito pět vzorků od každé tkaniny, na které se kápaly kapky velké 2,5 cm. Po 30 s se hodnotí pocit tepla nebo chladu, tzv. tepelná setrvačnost na předloktí. Dominantní faktorem byl pocit tepla. Končetiny mají malý vliv na celkový tepelný pocit, a proto lze očekávat, že ochlazení předloktí by nemělo mít vliv na celkovou tepelnou pohodu. Na každou tkaninu se nanáší 20 kapek destilované vody (po dobu 24 hodin při teplotě 26 °C). To představuje značné množství vlhkosti ve tkanině. Vzorky byly potom ponechány volně ležící po takovou dobu, aby se odpařilo určité množství vody do definovaného sušící stavu předběžně určeného v IR testu. [53]

Jedinci měli posoudit tři různé textilie v pěti různých sušících stavech na jejich předloktí (tepelný pocit, komfort a vlhkost). Pouze sušící stav t100% se významně lišily od ostatních čtyř ($p < 0,001$). [53]

Doby schnutí tkanin (t0%, t5%, t50%, t95% a t100%) z tohoto testu IR sloužily jako základ pro definování pěti sušících stavů používajících pro stanovení subjektivního percepčního pocitu. To znamená, že definovaná doba t95% vykazovala chladnější pocit pro (PL), a nebyl vyhodnocen jako suchý (t100%), i když metodou gravimetrickou (TGR) měla být již suchá. Druhý vzorek (CO) byl odlišný z důvodů odlišného chování sání a sušení. Sušení bavlny je velmi pomalé neboť dochází k uchovávání části vody ve vláknu. [53]

Test IR byl vyvinut za účelem posouzení pěti konkrétních mokrých textilií a jejich obsahu vlhkosti, díky tomu byly srovnávány stavy sušení. [53]

Syntetické tkaniny (PL) použity ve studiích byly hodnoceny jako chladné v prvních čtyřech sušících stavech, pouze v posledním sušícím stavu (tj. 100% suché) byly hodnoceny jako teplé. Vzorek bavlny ukázal zásadní změny v pocitu, který lze vysvětlit tím, že pomaleji schne a jeho hygroscopickými vlastnostmi. [53]

Můžeme tedy konstatovat, že lidské subjekty nerozlišují pocit, jak dlouho byli syntetické tkaniny mokré. Pouze poslední sušící stav ($t_{100\%} = 100\%$ suché) byl rozeznatelný od dalších čtyř. Kromě toho tepelný pocit nebyl přímo závislý na umístění vody (tj. přímo na kůži nebo absorbovany v textilií). Zkušební IR ukázal rozdíl v sušících stavech textilií ve srovnání s používanou gravimetrickou metodou. Studie ukázala, že lidský subjekt, vnímá tepelné pocity odlišně než jsou výsledné hodnoty z gravimetrického měření. Tyto výsledky poukázaly na nutnost posoudit vliv mokrých textilií na tepelný pocit pomocí gravimetrické metody. [53]

Levent Onal and Mustafa Yildirim

Vliv tepelných vlastností na trojrozměrné distanční pleteniny z funkčních vláken (tj. Outlast, Coolmax) s různým materiálovým složením. Distanční pleteniny byly speciálně navrženy pro potahy matrací. [54]

Vzorky byly vyrobeny ve dvou hustotách a pletených vzorech, a čtyři z Outlast materiálu. Tepelná vodivost, tepelná odolnost, tepelná nasákavost a relativní paropropustnosti jsou považovány za vlastnosti tepelného komfortu. Pro měření těchto vlastností byla použita Alambeta a Permetest. Výrobní design byl vedoucím kritériem pro tepelnou odolnost a propustnost vodních par, zatímco materiálové složení se stalo důležité pro tepelnou nasákavost. Outlast vlákno bylo analyzováno pomocí diferenciálního skenovacího kolorimetru na termoregulační účinnost distančních pletenin. Termoregulační účinek Outlast vlákna bylo 33%. Propustnost vodních par otevřeného vzorku byla vyšší než uzavřeného vzorku. Statistická analýza byla provedena také a potvrdila přínos každého faktoru, včetně jejich vzájemných vztahů. [54]

Materiály trojrozměrných pletenin byly vyrobeny za použití různých vláken (Coolmax, Bavlna, Polyester, Outlast) v různých vrstvách pleteniny. Žerzej byl použit na obou stranách vrstvy distanční pleteniny pro vzorky s uzavřenou strukturou.

Typ vlákn a materiálové složení byly měněny pouze na lici straně vrstvy. Procento stříbra a uhlíkových tkanin v daných distančními vzorcích je 0,3% a 1%, a pro ty co mají zanedbatelné procento není uvedeno v tabulce. [54]

Vzorky byly uloženy na rovném povrchu ve standardním atmosférickém prostředí (20,2° C a 65, 2% RH) na den, než se provedlo měření. Hustota smyček byla měřena pomocí lupy na lici straně. Deset měření bylo provedeno na různých místech pleteniny a průměr byl zaznamenán. Tloušťka pleteniny byla měřena za použití JH Heal & Co Ltd podle normy BS 2544 standardu. Tepelná vodivost byla měřena pomocí přístroje Alambeta. Paropropustnost vzorků byla měřena za použití Permetest přístroj SENSORA Instruments, v souladu se změněnou ISO11092 normy. [54]

Otevřené pleteniny pro použití na matracové potahy se považují za generátory tepelného komfortu tkaniny, která upravuje teplotu lidského těla během spánku a zvyšuje kvalitu spánku. Přes složité 3D textilní konstrukce bylo zjištěno, že design pleteniny, hustota, a materiálové složení je významné téměř pro všechny tepelné vlastnosti na rozdíl od tepelné difuze. Dobrá korelace byla zjištěna mezi tepelnou vodivostí a hmotností tkaniny, a také úzký vztah mezi tepelným odporem tkaniny a tloušťkou. [54]

Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout nový způsob testování rychlosti schnutí textilií a ověřit jej. Práce by měla posloužit jako návod, jak nejefektivněji testovat rychlost schnutí u tzv. rychleschnoucích materiálů. Bohužel, jak je v práci uvedeno, mezi metodikami jsou rozdíly, které způsobují nejednotnost testování a špatnou kontrolu pro výrobce oděvů.

Úvodem diplomové práce bylo seznámení se s teoretickou částí, která byla potřebná k pochopení probírané problematiky. V další části byly vyhodnoceny výsledky z experimentálního měření. Z naměřených dat z přístroje Alambeta lze vyčíst, že plošný odpor vedení tepla je ovlivněn tloušťkou materiálu. Jediný vzorek, který toto vyvrací je vzorek č. 4 100% VI. Ke stejnému výsledku dojdeme i u vzorků měřených za mokra. Tento fakt je možné vysvětlit například rozdílností v povrchové úpravě oproti ostatním měřeným materiálům.

Většina materiálů obsahuje ve své struktuře póry. Tyto póry jsou zaplněny vzduchem. Za běžných podmínek materiál obsahuje i jisté procento vlhkost. Pokud do struktury materiálu vniká vlhkost a zaplňuje jeho pórový systém, hodnota součinitele tepelné vodivosti se mění. Obecně platí, že se vzrůstající vlhkostí materiálu vzrůstá součinitel tepelné vodivosti.

Podle získaných hodnot z Permetestu byla zjištěna také závislost výparného odporu měřených vzorků na tloušťce materiálu, a to jak za sucha, tak za mokra. Nesmíme zapomínat na materiálové složení, což také přímo ovlivňuje správnou funkčnost měřeného materiálu. Všechny měřené vzorky mají výparný odpor pod $6 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Z toho vyplývá, že jejich vlastnosti pro propouštění vodních par jsou velmi dobré.

Jako nový způsob testování je metoda měření signálu. „Signál“ se může definovat jako součinitel odparu z povrchu textilie nebo také konstanta odparu. Při vyhodnocování musíme brát v úvahu, že na rychlý odvod a odpaření vlhkosti má vliv materiálové složení, hmotnost či celková hustota pleteniny. Nesmíme opomenout ani rychlost proudění, kterou si můžeme nastavit.

U první oděvní vrstvy, vyrobené z funkčních vláken byla potvrzena domněnka o rychlejším odvodu vlhkosti z textilie při vyšší rychlosti proudícího vzduchu - tj. 2 [m/s] - než při rychlosti vzduchu 1 [m/s]. Hodnota „signálu“ nejprve minimálně kolísá. Vždy když měl „signál“ klesat, ještě předtím prudce vzrostl, a to až na hodnotu 79 a následně začal prudce klesat. Naměřené hodnoty se zaznamenávaly po 1 minutě. V průběhu měření jsme došli k závěru, že zkoumané vzorky musí být máčeny ve vodní lázni s přidanou „kapkou“ detergentu alespoň 24 hodin, jinak bude stále docházet k velkému kolísání „signálu“ na začátku měření. U všech vzorků bylo dosaženo úplného vysušení, to znamená až do konečného bodu sušení.

U experimentu s pračkou Miele Professional W 6071, s automatickým dávkovačem pro prádelny BSL BRIGHSTAR, byl zkoumán vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti ve vzorcích. Vzorky byly měřeny při 50% vlhkosti a 100% vlhkosti. U obou skupin vzorků probíhal experiment stejným způsobem. Doba odstředování byla vždy 10 minut, měnila se pouze rychlost otáček a to od 400 do 1200 za minutu. Po každém odstředění se vzorky vážily na analytických vahách série AS RADWAG.

Pomocí experimentu jsme zjistili, že předsušené syntetické textile s 50% vlhkostí mají nejvýraznější úbytek váhy při 400 otáčkách u všech vzorků. Zato k nevýraznému úbytku váhy až pohlcení další vlhkosti nejčastěji dochází při rychlosti otáček 600 a 800/min., čímž nedochází k odstranění vlhkosti a urychlení sušení. Další skupina vzorků (č. 3, 4, a 5) z přírodních materiálů ztratila nejvíce vlhkosti při 1000 otáčkách za minutu. To dokazuje vliv materiálového složení na úbytek váhy při odstředování. Pro syntetické materiály nám stačí menší rychlost než u přírodních materiálů. Experiment také dokazuje, že pro odstředování je lepší 100% vlhkost v textilních materiálech, aby došlo k viditelnému úbytku vlhkosti. A zároveň, že zbytečné přidávání otáček nemá markantní vliv na odstranění vlhkosti a vysušení textilních materiálů. Při přidávání otáček spíše dojde ke zbytečnému mechanickému namáhání textilie, což je nežádoucí.

Poslední testovaná metoda je pomocí vah AS RADWAG dle normy JIS L 1096: 1999 – Drying speed. Tato metoda je velice zdoluhavá a náročná pro jednoho pracovníka, který nemá k dispozici přístroj pro zapisování průběhu sušení ve stanoveném intervalu.

Vše je ovlivněno materiálovým složením, velikostí vzorku a množstvím vlhkosti. Díky experimentu ale vidíme a zaznamenáváme tři fáze sušení.

Z měření v experimentální části vyplývá, že pro testování rychlosti schnutí je nejideálnější přístroj Permetest. A to nová metoda měření signálu, jelikož je rychlá a lze si stanovit podmínky měření a rychlost proudění kolem testovaného textilního vzorku. Tento způsob testování by jistě ocenily firmy vyrábějící outdoorové funkční oblečení. Bohužel v současnosti nemají možnost při výběru materiálů do svých kolekcí objektivně zhodnotit, který materiál z nabídky na trhu je skutečně tzv. rychleschnoucí a který ne.

Zdroje

- [1] LACKOVÁ, K.: Bakalářská práce – Průzkum trhu termoprádla pro horolezce, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2009, 51s.
- [2] TREKING, [online]. [2013-02-21]. Dostupné z :]
<<http://www.treking.cz/testy/termopradlo.htm>>
- [3] VELITEC, [online]. [2013-02-21]. Dostupné z :
<http://www.velitec.com/cs/termopradlo/co-je-termopradlo>>
- [4] SPORTOVNÍ OBLEČENÍ, [online]. [2013-02-21]. Dostupné z:
<<http://www.sportovni-obleceni.cz/o-termopradle/>>
- [5] TUL, Katedra textilních materiálů, Bavlněná vlákna [online]. [cit. 2032-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/bavlna>>
- [6] TUL, Katedra textilních materiálů, Vlna [online]. [cit. 2013-02-02]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/vlna>>
- [7] SKRIPTA fakulty textilní, [online]. [2013-02-21]. Dostupné z:
<<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-13-47.pdf>>
- [8] ŠKOLA TEXTILU, [online]. [2013-02-21]. dostupné z: < <http://www.skolertextilu.cz/>>
- [9] TUL, Katedra textilních materiálů, Polyesterová vlákna [online]. [cit. 2013-02-02]. Dostupné z: < <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polyester>>
- [10] TUL, Katedra textilních materiálů, Polyamidová vlákna [online]. [cit. 2013-02-02]. Dostupné z: < <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polyamid>>
- [11] MS TINA, [online]. [2013-02-21]. dostupné z:
<http://www.mstina.co.uk/materials/tactel/index_uk.php>
- [12] TUL, Katedra textilních materiálů, Polypropylenová vlákna [online]. [cit. 2013-02-02]. Dostupné z: < <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polypropylen>>
- [13] SKRIPTA fakulty textilní, [online]. [2013-02-21]. dostupné z:
<http://www.ft.tul.cz/depart/kde/studium/predmetyPRILOHY/6_sport0.pdf>
- [14] PROLEN, , [online]. [2013-02-21]. dostupné z: <http://www.prolen.sk>>/
- [15] INVISTA, Thermolite [online]. [cit.2013-03-02]. Dostupné z:
<<http://www.invista.com/en/outdoor-wear/thermolite.html>>

- [16] MOIRA, [online]. [cit.2013-03-02]. Dostupné z: < <http://moira.cz/index.html> >
- [17] COOLPLUS, [online]. [cit.2013-03-02]. Dostupné z: <<http://www.coolplus.de/>>
- [18] ASCEND SPORTS WEAR, [online]. [cit.2013-03-02]. Dostupné z
<<http://www.ascendsportswear.com/coolmax-fabric.html>>
- [19] SINGTEX, Ice Cool [online]. [2013-03-12]. Dostupné z: <
<http://www.singtex.com/products.aspx?cid=C_00000013>
- [20] INVISTA, Lycra [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z:
<<http://www.invista.com/en/activewear/lycra.html>>
- [21] GINA, Modal [online]. [cit. 2013-02-16]. Dostupné z:
<<http://www.gina.cz/shop/common/pagedetail.aspx?pagecode=modal>>
- [22] INVISTA, Supplex [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z:
<<http://www.invista.com/en/activewear/supplex.html> >
- [23] HIGHPOINT, Thermocool [online]. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z:
<<http://www.highpoint.cz/materialy/thermocool.html>>
- [24] ROCK POINT, online]. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z:
<<http://www.rockpoint.cz/html/prehled-materialu.html?w=487&l=m>>
- [25] MIZUNO, [online]. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z: <<http://www.mizuno.eu/cs/>>
- [26] TUL, Katedra oděvnictví, Komfort [online]. [cit. 2013-03-01]. dostupné z:
<http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska6_2012.pdf>
- [27] ŠESTÁK, J., RIEGER F., Přenosové jevy I – Přenos tepla. Skriptum ČVUT, Praha 1972.&, &.
- [28] HES, L.; SLUKA, P., Úvod do komfortu textilií. Vydání první. Liberec: Technická univerzita, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0 (brož.)
- [29] HEMZAL, Karel. *Přenosové jevy v technice prostředí*. 2.vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. ISBN 80-01-02924-4
- [30] KOLAT, Pavel. *Přenos tepla a hmoty*. 1.vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1986. 266s.
- [31] AATCC Test Method 199-2011. *Drying Time of Textiles: Moisture Analyzer Method*. USA: AATCC Committee RA63

- [32] TUL, Katedra textilních materiálů , [online]. [2013-02-21]. dostupné z:
<http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20060106/VlastnostiVlaken-prednaska8.pdf>
- [33] HOLEČEK, Oldřich. *Sušení* [online]. Praha: Ústav chemického inženýrství, 2011 [cit. 10.3.2013]. Dostupné z: <<http://www.vscht.cz/uchi/ped/labchi/S.pdf>>
- [34] JIS L 1096: 1999. *Testings methods for wowed fabrics: Drying speed*. Tokyo: Japanese Standards Association
- [35] KOVAČIČ, V., Textilní zkušebnictví [online]. [cit. 2013-03-30] Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT1dil.pdf>>
- [36] DĚDIČOVÁ, K., Diplomová práce: Vliv konstrukce a počtu textilií na termofyziologické vlastnosti, Technická univerzita v Liberci, 2012, s83
- [37] MIELE PROFESSIONAL, [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <<http://www.mieleprofessional.co.uk>>
- [38] RADWAG VÁHY, [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <<http://www.vahy-radwag.cz/>>
- [39] DONALD W. LYONS, CHARLES T. VOLLERS. *Textile Research Journal* [online]. 1971-08-01, roč. 77, č. 8, s. 661 - 668 [cit. 2013-03-13]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/0040517507078232. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517507078232>
- [40] WASHBURN, E., The Dynamics of Capillary Flow – Physics Review, 273–283 (1921).
- [41] RITA, M. and RANDALL, J., The Interaction of Water with Fabric, Text. Res. J., 68, 280–288 (1998).
- [42] ERIK. K., Wetting and Wicking, Text. Res. J., 66, 660–668 (1996).
- [43] WEIYUAN, Z., JUN, C., WENFEI, C. and SHI, L., Wetness Comfort of Fine Polypropylene, Fibre Fabrics. J. Text. Inst., 90, p. 252, (1997).
- [44] RAMACHANDRAN, T. and KESAVARAJA, N., A Study on Influencing Factors for Wetting and Wicking Behavior, IE (I) J., TX, 84, 37–41 (2004).
- [45] HARZELL, M. and HSIEH, Y., Enzymatic Scouring to Improve Cotton Fabric Wettability, Text. Res. J., 68, 233–241 (1998).
- [46] HSIEH, Y., THOMPSON, J., and MILLER, A., Water Wetting and Retention of Cotton Assemblies as Affected by Alkaline and Bleaching Treatments, Text. Res. J., 62, 456–464 (1996).

- [47] NAVANEETHA K. and SELVARAJAN, V., Non-thermal Plasma Treatment for Hydrophilicity Improvement of Grey Cotton Fabrics, *J. Mater. Process. Technol.*, 199, 130–139 (2008).
- [48] VAN DER MEEREN, P., COCQUYT, J., FLORES, S., DEMEYER, H., and DECLERCQ, M., Quantifying Wetting and Wicking Phenomena in Cotton Terry as Affected by Fabric Conditioner Treatment, *Text. Res. J.*, 72, 423–428 (2002).
- [49] PRAHSARN C., R.L. BARKER, B.S GUSPA. Moisture Vapor Transport Behavior of Polyester Knit Fabrics *Textile Research Journal* [online]. 2005-04 roč.75 , č.4 : s. 346 - 351 . [cit. 2013-03-13]. ISSN DOI: 10.1177/0040517505053811 Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/75/4/346.full.pdf+html>
- [50] LAING, R. M., C. A. WILSON, S. E. GORE, D. J. CARR a B. E. NIVEN. Determining the Drying Time of Apparel Fabrics. *Textile Research Journal* [online]. 2007-08-01, roč. 77, č. 8, s. 583-590 [cit. 2013-03-13]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/0040517507078232. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517507078232>
- [51] YANILMAZ, M., KALAOGLU, F. Investigation of wicking, wetting and drying properties of acrylic knitted fabrics *Textile Research Journal* [online]. 2012-03-13 82: 820 DOI: 10.1177/0040517511435851. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/82/8/820>
- [52] FANGUQUIRO, FILGUERIAS, SOUTINHO, MEIDI X. Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics *Textile Research Journal* [online]. 2010-09 roč.80 , č.15: s. 1522 – 1530 DOI: 10.1177/0040517510361796 Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/80/15/1522.full.pdf+html>
- [53] NIDERMAN R., R.M. ROSSI., Objective and subjective evaluation of the human thermal sensation of wet fabrics *Textile Research Journal* [online]. 2012-03 roč.82, č.4: s. 374-384 DOI: 10.1177/0040517511418559 Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/82/4/374.full.pdf+html>
- [54] ONAL, L., M. YILDIRIM. Comfort properties of functional three-dimensional knitted spacer fabrics for home-textile applications *Textile Research Journal* [online]. 2012-10 ; roč. 82 , č. 17 : s. 1751 - 1764 DOI: 10.1177/0040517512444331. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/content/82/17/1751>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka funkčnosti termoprádla - odpařování vlhkosti z povrchu[3]	12
Obrázek 1: Bavlna příčný a podélný řez[5]	15
Obrázek 2: Vlna příčný a podélný řez[6]	15
Obrázek 3: Profily vlákna[8]	18
Obrázek 4: Polyesterové vlákno příčný a podélný řez[9]	18
Obrázek 5: Polyamidové vlákno příčný a podélný řez[10]	19
Obrázek 6: Polyakrylonitrilové vlákno[11]	20
Obrázek 7: Polypropylenové vlákno příčný a podélný řez [12].....	22
Obrázek 8: Profily vláken[13]	23
Obrázek 9: Ukázka funkce jednosložkové pleteniny[13]	23
Obrázek 10: Ukázka funkce integrované pleteniny[13]	24
Obrázek 11: Ukázka funkčnosti vlákna Prolen[14].....	25
Obrázek 12: Ukázka funkčnosti vlákna Thermolite[15]	26
Obrázek 14: Ukázka funkčnosti vlákna Moira[16]	27
Obrázek 15: Ukázka funkčnosti vlákna CoolMax a jeho příčný řez[15]	28
Obrázek 16: Pokročilé průřezy pro maximální odvod vlhkosti[18]	29
Obrázek 17: Ukázka funkčnosti vlákna CoolPlus a jeho příčný řez[17].....	29
Obrázek 18: Porovnání funkcností textilie z CoolPlus a Co, PL a PA[17].....	30
Obrázek 19: Ukázka funkčnosti vlákna Ice Cool[19]	30
Obrázek 20: Modalové vlákno příčný řez[21]	31
Obrázek 21: Srovnání vlákna Supplex a Nylon[22]	32
Obrázek 22: Průřez vlákna Thermo cool[23].....	32
Obrázek 23: Ukázka funkce vlákna při nízké aktivitě a při vysoké aktivitě[23].....	33
Obrázek 24: Ukázka funkce vlákna Micra. [24]	33
Obrázek 25: Ukázka funkce vlákna Breath Thermo. [25]	34
Obrázek 26: Ukázka funkce vlákna Cleancool[24]	35
Obrázek 27: Ukázka cibulového efektu[26]	38
Obrázek 28: Ukázka transportu vlhkosti, tepla a vzduchu[26]	38
Obrázek 29: Kondukce přenos tepla vedením[26]	39
Obrázek 30: Konvekce přenos tepla prouděním[26].....	41
Obrázek 31: Přenos vlhkosti vedením mezi kůží a okolím[26]	43
Obrázek 32: Ukázka absorpce, adsorpce a kapilární kondenzace[32]	46

Obrázek 33: Nasákavost vláken CO, PL a PP v % [32]	46
Obrázek 34: Sorpční a desorpční izoterma [32]	48
Obrázek 35: Tabulka vlhkostní přirážky [32]	48
Obrázek 36: Kvalitativní průběh závislosti vlhkosti v materiálu WW a teploty na době sušení [33] 52	
Obrázek 37: Vlhčení vzorku a upevnění na vertikální stojánek [31]	56
Obrázek 38: vzorek č.1 z lící a rubové strany	59
Obrázek 39: vzorek č.2 z lící a rubové strany	60
Obrázek 40: vzorek č.3 z lící a rubové strany	60
Obrázek 41: vzorek č.4 z lící a rubové strany	61
Obrázek 42: vzorek č.5 z lící a rubové strany	61
Obrázek 43: Alambeta [28]	62
Obrázek 43: Graf závislosti tloušťky materiálu na plošném odporu vedení tepla	64
Obrázek 44: Permetest [28]	65
Obrázek 45: Graf paropropustnost	66
Obrázek 46: Graf měření signálu vzorek č. 1 100% PL	68
Obrázek 47: Graf měření signálu vzor č.2 90% PL a 10% SPANDEX	68
Obrázek 48: Graf měření signálu vzorek č.3 100% CO	69
Obrázek 49: Graf měření signálu vzorek č.4 100% VI	69
Obrázek 50: Graf měření signálu vzorek č.5 92% CO a 8% SPANDEX	70
Obrázek 51: pračka Miele Professional W 6071 s automatickým dávkovačem pro prádelny BSL BRIGHTSTA [37]	71
Obrázek 52: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorek č.1 100% PL	72
Obrázek 53: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorek č.2 90% PL a 10% SPANDEX ...	72
Obrázek 54: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorek č.3 100 CO	73
Obrázek 55: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorku č. 4 100% VI	73
Obrázek 56: Vliv rychlosti odstředování na úbytek vlhkosti vzorku č. 5 92% CO a 8% SPANDEX...	74
Obrázek 57: Váha AS RADWAG [38]	75
Obrázek 58: Graf úbytek váhy v závislosti na čase a proudění vzduchu	77

Seznam příloh

Příloha 1

Příloha 2

Příloha 3

Příloha 1

Permetest

Výparný odpor Ret Pa.m ² . W ⁻¹ za sucha								
Vzorek č.	1	2	3	4	5	Ø	směrodatná odchylka	IS
1	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	0,04899	0,04
2	1,7	1,8	1,7	1,7	1,8	1,7	0,04899	0,04
3	2,9	2,8	2,7	2,7	2,8	2,8	0,07483	0,06
4	3,6	3,6	3,8	3,7	3,7	3,7	0,07483	0,1
5	3,3	3,3	3	3,2	3,1	3,2	0,11662	0,06

Výparný odpor Ret Pa.m ² . W ⁻¹ za mokra								
Vzorek č.	1	2	3	4	5	Ø	směrodatná odchylka	IS
1	1	0,9	1	0,9	1	1	0,04899	0,04
2	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,86	0,04899	0,04
3	1,6	1,7	1,5	1,5	1,6	1,6	0,07483	0,06
4	2,7	2,4	2,7	2,5	2,7	2,6	0,11662	0,1
5	1,8	1,8	2,1	1,9	2	1,9	0,12649	0,11

Měření signálu

Vzorek	Hmotnost suchého [g]	Hmotnost 50% vlhkého [g]
1.	1,32	2,02
2.	1,32	2,02
3.	1,31	1,96
4.	1,19	1,81
5.	1,23	1,86

Rychlost proudění vzduchu 1m/s					
signál	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5
5	77,9	61,2	64,4	64,2	56,8
10	74,7	42,5	59,7	49,8	8,6
15	8,4	15,3	10	9,6	0,5
Rychlost proudění vzduchu 2m/s					
signál	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5
5	69,8	24,9	71,4	62	57,7
10	24,9	7,7	7,4	44,1	1,8
15	15,4	0	0	3,7	0

Příloha 2

Alambeta za sucha

Vzorek č. 1						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,0489	0,0539	0,0506	0,0513	0,0511	0,05
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	99	93	107	100	96	99,75
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	159	170	165	167	168	165,8
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,01	0,01	0,0097	0,0096	0,0091	0,00968
tloušťka materiálu h [mm]	0,50	0,52	0,52	0,51	0,5	0,51
tepelný tok q [W/m2]	1,31	1,48	1,43	1,44	1,44	1,42
Vzorek č. 2						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,0602	0,0611	0,0608	0,0601	0,0586	0,06
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	100	101	96	97	90	96,8
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	190	193	196	192	195	192,75
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,0083	0,0081	0,0084	0,0083	0,0085	0,00832
tloušťka materiálu h [mm]	0,5	0,5	0,51	0,5	0,5	0,50
tepelný tok q [W/m2]	1,48	1,48	1,48	1,45	1,45	1,47
Vzorek č. 3						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,0538	0,0539	0,0513	0,0513	0,0508	0,05
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	100	93	112	91	88	96,8
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	170	176	154	170	172	168,4
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,0116	0,0117	0,0126	0,0126	0,0122	0,01214
tloušťka materiálu h [mm]	0,63	0,63	0,65	0,65	0,62	0,64
tepelný tok q [W/m2]	1,45	1,46	1,4	1,49	1,48	1,46
Vzorek č. 4						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,0489	0,0493	0,0488	0,0506	0,0506	0,05
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	74	61	70	69	70	68,8
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	179	199	184	193	191	189,2
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,0096	0,0096	0,0102	0,0093	0,0094	0,00962
tloušťka materiálu h [mm]	0,47	0,47	0,5	0,47	0,48	0,48
tepelný tok q [W/m2]	1,34	1,42	1,39	1,4	1,39	1,39
Vzorek č. 5						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,0591	0,0571	0,0563	0,0565	0,0564	0,06
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	111	125	111	121	126	118,8
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	177	161	169	163	159	165,8
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,0116	0,0118	0,0124	0,0124	0,0124	0,01212
tloušťka materiálu h [mm]	0,66	0,67	0,69	0,7	0,7	0,68
tepelný tok q [W/m2]	1,45	1,41	1,44	1,48	1,43	1,44

Alambeta za mokra

Vzorek č. 1						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,129	0,129	0,127	0,124	0,122	0,126
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	45	67	72	76	70	66
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	609	496	474	445	469	498,6
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,0039	0,0039	0,0041	0,004	0,0039	0,0040
tloušťka materiálu h [mm]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
tepelný tok q [W/m2]	1,63	1,38	1,34	1,34	1,39	1,42
Vzorek č. 2						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,151	0,146	0,142	0,141	0,143	0,145
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	53	72	80	78	69	70,4
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	658	542	503	505	542	550
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,035	0,033	0,036	0,036	0,035	0,035
tloušťka materiálu h [mm]	0,5	0,5	0,51	0,51	0,5	0,50
tepelný tok q [W/m2]	1,59	1,46	1,39	1,41	1,45	1,46
Vzorek č. 3						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,126	0,146	0,125	0,119	0,122	0,128
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	37	58	63	72	65	59
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	655	609	499	442	478	536,6
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,043	0,034	0,041	0,045	0,044	0,0414
tloušťka materiálu h [mm]	0,54	0,5	0,51	0,54	0,54	0,53
tepelný tok q [W/m2]	1,68	1,17	1,3	1,33	1,35	1,37
Vzorek č. 4						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,119	0,115	0,109	0,109	0,11	0,112
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	31	63	58	66	52	54
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	655	609	499	442	478	536,6
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,045	0,048	0,05	0,052	0,047	0,0484
tloušťka materiálu h [mm]	0,54	0,55	0,55	0,57	0,51	0,54
tepelný tok q [W/m2]	1,83	1,42	1,47	1,46	1,48	1,532
Vzorek č. 5						Ø
měrná tepelná vodivost λ [W·m-1K-1]	0,132	0,139	0,143	0,099	0,106	0,124
měrná tepelná vodivost a [m2/s]	49	96	115	142	126	105,6
tepelná jímavost b [W·m-2s1/2K-1]	669	461	454	426	483	498,6
plošný odpor vedení tepla r [W-1K·m2]	0,048	0,043	0,054	0,066	0,061	0,0544
tloušťka materiálu h [mm]	0,63	0,59	0,65	0,66	0,65	0,64
tepelný tok q [W/m2]	1,72	1,15	1,69	1,28	1,3	1,43

Príloha 3 - Pračka

Vzorky	1200 otáčiek					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	10,5	10,47	10,48	11,38	9,39	10,444	0,631
Vzorek č. 2	10,21	9,87	10,59	8,68	9,37	9,744	0,666
Vzorek č. 3	11,25	12,3	11,82	12,31	11,52	11,9875	0,335
Vzorek č. 4	12,96	13,72	14,2	13,9	12,15	13,386	0,741
Vzorek č. 5	12,31	11,79	10,85	10,81	12,64	11,68	0,745
Vzorky	1200 otáčiek 50% vlhkosti					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	10,22	8,95	10,29	9,93	10,04	9,886	0,485
Vzorek č. 2	10,31	9,25	9,98	9,52	8,91	9,594	0,501
Vzorek č. 3	9,66	9,15	9,93	9,39	9,78	9,582	0,279
Vzorek č. 4	8,62	9,19	8,63	9,14	8,2	8,756	0,369
Vzorek č. 5	9,15	9,38	9,3	8,8	9,8	9,286	0,325
Vzorky	1000 otáčiek					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	11,38	9,72	11,26	11,47	10,92	10,95	0,643
Vzorek č. 2	11,23	10,6	11,19	11,34	10,49	10,97	0,352
Vzorek č. 3	13,28	13,28	12,09	12,04	12,23	12,584	0,572
Vzorek č. 4	13,46	13,54	13,78	13,96	13,91	13,73	0,198
Vzorek č. 5	13,93	11,12	13,13	11,25	12,58	12,402	1,083
Vzorky	1000 otáčiek 50% vlhkosti					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	11,38	9,72	11,26	11,47	10,92	10,95	0,643
Vzorek č. 2	11,23	10,6	11,19	11,34	10,49	10,97	0,352
Vzorek č. 3	13,28	13,28	12,09	12,04	12,23	12,584	0,572
Vzorek č. 4	13,46	13,54	13,78	13,96	13,91	13,73	0,198
Vzorek č. 5	13,46	13,54	13,78	13,96	13,91	13,73	0,198

Vzorky	800 otáček					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	12,07	10,74	12,07	12,16	11,72	11,752	0,528
Vzorek č. 2	12,22	11,29	12,07	12,02	12,57	12,034	0,419
Vzorek č. 3	13,71	14,25	13,67	14,09	14,77	14,098	0,402
Vzorek č. 4	15,08	13,07	14,26	14,92	15,02	14,47	0,759
Vzorek č. 5	15,16	14,13	14,53	14,62	15,01	14,69	0,365
Vzorky	800 otáček 50% vlhkosti					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	11,2	10,08	10,65	10,46	10,35	10,548	0,375
Vzorek č. 2	11,17	11,01	10,86	10,31	10,27	10,724	0,368
Vzorek č. 3	10,69	10,49	8,9	10,02	11,07	10,234	0,748
Vzorek č. 4	10,16	9,73	11,44	10,95	10,24	10,504	0,610
Vzorek č. 5	10,11	10,28	10,49	9,67	10,18	10,146	0,270
Vzorky	600 otáček 50% vlhkosti					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	10,41	10,59	10,32	9,94	9,72	10,196	0,319
Vzorek č. 2	10,88	10,36	10,5	10,51	10,44	10,538	0,179
Vzorek č. 3	10,32	11	9,86	10,22	9,94	10,268	0,404
Vzorek č. 4	10,5	10,68	9,68	10,43	9,97	10,252	0,370
Vzorek č. 5	9,75	10,12	10,07	9,55	10,33	9,964	0,278
Vzorky	400 otáček					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	13,06	13,62	13,53	13,43	13,35	13,398	0,192
Vzorek č. 2	14,98	15,02	15,36	15,12	15,25	15,146	0,142
Vzorek č. 3	16,39	16,83	16,9	16,77	16,99	16,776	0,206
Vzorek č. 4	16,97	16,95	17,01	16,59	17,57	17,018	0,315
Vzorek č. 5	16,36	16,55	17,24	17,89	16,46	16,9	0,584
Vzorky	400 otáček 50% vlhkosti					Ø	Směrodatná odchylka
Vzorek č. 1	9,26	9,26	9,03	9,13	8,3	8,996	0,359
Vzorek č. 2	9,33	10,22	9,23	8,72	9,31	9,362	0,484
Vzorek č. 3	9,85	9,92	9,3	9,51	9,51	9,618	0,232
Vzorek č. 4	9,03	9,07	9,19	9	9,03	9,064	0,067
Vzorek č. 5	9,49	9,05	9,45	9,57	9,76	9,464	0,233